

## 全項目

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)  
 (12)【公報種別】公表特許公報(A)  
 (11)【公表番号】特表2003-503636(P2003-503636A)  
 (43)【公表日】平成15年1月28日(2003. 1. 28)  
 (54)【発明の名称】外部燃焼機関  
 (51)【国際特許分類第7版】

F02G 1/05  
 1/053  
 F16J 10/00

## 【FI】

F02G 1/05 A  
 1/053 C  
 F16J 10/00 Z

【審査請求】未請求

【予備審査請求】有

【全頁数】32

(21)【出願番号】特願2001-507925(P2001-507925)

(86)(22)【出願日】平成12年6月29日(2000. 6. 29)

(85)【翻訳文提出日】平成13年12月28日(2001. 12. 28)

(86)【国際出願番号】PCT/GB00/02496

(87)【国際公開番号】WO01/002715

(87)【国際公開日】平成13年1月11日(2001. 1. 11)

(31)【優先権主張番号】9915430. 4

(32)【優先日】平成11年7月1日(1999. 7. 1)

(33)【優先権主張国】イギリス(GB)

(81)【指定国】EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA  
 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW,  
 MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, A  
 T, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, G  
 B, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, L  
 V, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ,  
 TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(71)【出願人】

【氏名又は名称】ニュー マロウン カンパニー リミテッド

【住所又は居所】イギリス国、エディンバラ、ノース キャッスル ストリート 48

(72)【発明者】

【氏名】サルター、スティーブン、ヒュー

【住所又は居所】イギリス国 エディンバラ、ブラックフォード ロード 27

(72)【発明者】

【氏名】ラムペン、ウィリアム、ヒュー、サルヴィン

【住所又は居所】イギリス国 エディンバラ、マーチストン クレセント 1

(72)【発明者】

【氏名】シュタイン、ウヴェ、ベルンハルト、パスカル

【住所又は居所】イギリス国 エディンバラ、ホーリーバンク テラス 2

(74)【代理人】

【弁理士】

【氏名又は名称】浅村 皓(外3名)

【テーマコード(参考)】

3J044

## 【Fターム(参考)】

3J044 AA08 AA09 BA01 BC11 CC09 DA09

## (57)【要約】

離隔された第1の端部と第2の端部を有する管状作業チャンバ(3)を画定する圧力容器手段を備え、チャンバの第1の端部に隣接し、加熱手段(10、11)によって加熱される第1の壁手段(11)と、チャンバの第2の端部に隣接し、冷却手段によって冷却される第2の壁手段(6)とを含む外部燃焼機関(1)。この機関はさらに、熱交換手段(9)を備え、作業流体が熱交換手段を通過するように管状作業チャンバ(3)内部でチャンバの第1の端部と第2の端部との間で可動な有孔ピストンまたは再生器(7)を有する。再生器(7)はバルビング手段を有する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 離隔された第1の端部と第2の端部を有する管状作業チャンバ(3)を画定する圧力容器手段を備え、チャンバの前記第1の端部に隣接する第1の壁手段(11)、およびチャンバの前記第2の端部に隣接する第2の壁手段(6)と、前記第1の壁手段(11)を加熱するための加熱手段(10、12)と、前記第2の壁手段(6)を冷却するための冷却手段と、熱交換手段(9)を有するピストン手段(7)と、作業流体が前記熱交換手段(9)を通過するように管状作業チャンバ(3)内部でチャンバの前記第1の端部と第2の端部との間でピストン手段(7)を往復運動させるための駆動手段とを含む外部燃焼機関であって、前記第1の壁手段(11)が第1の熱交換面手段(11d)を有すること、前記ピストン手段(7)が、作業流体を、前記熱交換手段(9)通過後に、ピストン手段(7)がチャンバ(3)の前記第2の端部に向けて移動するときには前記第1の熱交換面手段(11d)を介して流れるように向け、前記チャンバの第2の端部から第1の端部へ作業流体を移動させ、ピストン手段(7)がチャンバ(3)の前記第1の端部に向けて移動するときには前記第1の熱交換面手段(11d)を迂回するように向け、前記チャンバ(3)の第1の端部から第2の端部へ作業流体を移動させるように位置決め可能な第1のバルブ手段(20)を含むバルビング手段を有することを特徴とする外部燃焼機関(1)。

【請求項2】 前記ピストン手段(7)が、管状チャンバ(3)の壁から離隔され、チャンバの前記第2の端部により近く位置決めされたピストン手段の端部に構成された管状部材(40)を有し、第2の壁手段(6)が第2の熱交換面手段(6a)を有し、前記バルビング手段が、前記熱交換手段(9)通過後に前記管状部材(40)から外に出た作業流体を、ピストン手段(7)がチャンバ(3)の前記第2の端部から前記第1の端部に向けて移動しているときに前記第2の熱交換面手段(6a)を介して流れるように向ける、または前記熱交換手段(9)通過後に前記管状部材(40)から外に出た作業流体を、ピストン手段(7)がチャンバ(3)の前記第1の端部から前記第2の端部に向けて移動しているときに前記第2の熱交換面手段(6a)と接触しないように前記管状部材(40)の内部を介するように向けるように動作可能な第2のバルブ手段(21)を含むことを特徴とする請求項1に記載の外部燃焼機関。

【請求項3】 前記第1の熱交換面手段が、前記第1の壁手段(11)内に形成された経路(11d)を備えることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の外部燃焼機関。

【請求項4】 前記経路が小さなボアからなることを特徴とする請求項3に記載の外部燃焼機関。

【請求項5】 ロッドが前記経路内部に位置決めされていることを特徴とする請求項3に記載の外部燃焼機関。

【請求項6】 前記経路がそれぞれ、極端な縦横比の断面を有することを特徴とする請求項3に記載の外部燃焼機関。

【請求項7】 前記経路が、前記第1の壁手段内で概して長手方向に構成されていることを特徴とする請求項3から請求項6までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関。

【請求項8】 前記経路が、壁手段内部に作業流体用の複数のパスを提供するように構成されていることを特徴とする請求項3から請求項7までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関。

【請求項9】 前記経路が、前記第1の壁手段内に概して螺旋状に構成されていることを特徴とする請求項3から請求項6までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関。

【請求項10】 前記第1の壁手段(11)が、前記加熱手段(10、12)の燃焼ガスと熱交換するための外部熱交換面(11c; 112、113)を有することを特徴とする請求項1から請求項9までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関。

【請求項11】 前記外部熱交換面が、熱交換フィン(11c; 112、113)によって提供されることを特徴とする請求項10に記載の外部燃焼機関。

【請求項12】 前記熱交換フィン(112、113)が非円形状であることを特徴とする請求項10または請求項11に記載の外部燃焼機関。

【請求項13】 前記外部熱交換面が、一体に組み立てられた熱交換部材(112、113)のスタックから形成されるこ

とを特徴とする請求項10、請求項11、または請求項12に記載の外部燃焼機関。

【請求項14】前記非円形熱交換フィン(112、113)の隣接する1つが、互いに関してスタガ配列になっていることを特徴とする請求項12、または請求項12に従属するときの請求項13に記載の外部燃焼機関。

【請求項15】前記第1の壁手段(11)が、銅と、ニッケルと、少量の鉄、マンガン、珪素、および炭素とからなる合金、ならびにモリブデンやタングステンなどの耐熱金属から選択される材料からなることを特徴とする請求項10から請求項14までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関。

【請求項16】前記熱交換手段(9)が金属箔を備えることを特徴とする請求項1から請求項15までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関。

【請求項17】前記金属箔が、チャンバ(3)の軸と同軸の軸を有する概して螺旋状のコイルとして構成されていることを特徴とする請求項16に記載の外部燃焼機関。

【請求項18】前記金属箔が、内部に複数のカットまたは開口を有することを特徴とする請求項16または請求項17に記載の外部燃焼機関。

【請求項19】静止タイ・ロッド(8)が、前記管状作業チャンバ(3)に同軸に、その長さに沿って配置され、ピストン手段(7)が、前記チャンバ(3)の端部間を往復運動するときに、タイ手段を封止的に取り囲み、その長さに沿って可動であることを特徴とする請求項1から請求項18までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関。

【請求項20】離隔された第1の端部と第2の端部を有する管状作業チャンバ(3)を画定する圧力容器手段を備え、チャンバの前記第1の端部に隣接する第1の壁手段(11)、およびチャンバの前記第2の端部に隣接する第2の壁手段(6)と、前記第1の壁手段(11)を加熱するための加熱手段(10、12)と、前記第2の壁手段(6)を冷却するための冷却手段と、熱交換手段(9)を有するピストン手段(7)と、作業流体が前記熱交換手段(9)を通過するように管状作業チャンバ(3)内部でチャンバの前記第1の端部と第2の端部との間でピストン手段(7)を往復運動させるための駆動手段とを含む外部燃焼機関であって、前記熱交換手段が金属箔を備えることを特徴とする外部燃焼機関(1)。

【請求項21】前記金属箔が、管状作業チャンバ(3)の軸と同軸の軸を有する概して螺旋状のコイルとして構成されていることを特徴とする請求項20に記載の外部燃焼機関。

【請求項22】前記金属箔が、内部に複数のカットまたは開口を有することを特徴とする請求項20または請求項21に記載の外部燃焼機関。

【請求項23】長手方向軸、および離隔された第1の端部と第2の端部を有する管状作業チャンバ(3)を画定する圧力容器手段を備え、チャンバの前記第1の端部に隣接する第1の壁手段(11)、およびチャンバの前記第2の端部に隣接する第2の壁手段(6)と、前記第1の壁手段(11)を加熱するための加熱手段(10、12)と、前記第2の壁手段(6)を冷却するための冷却手段と、熱交換手段(9)を有するピストン手段(7)と、作業流体が前記熱交換手段(9)を通過するように管状作業チャンバ(3)内部でチャンバの前記第1の端部と第2の端部との間でピストン手段(7)を往復運動させるための駆動手段とを含む外部燃焼機関であって、さらに、前記燃焼チャンバ(3)と同軸に配置された静止タイ・ロッド(8)を備え、前記ピストン(7)が、タイ・ロッドの周りに封止的に取り付けられ、そこに沿って軸方向に可動であることを特徴とする外部燃焼機関(1)。

【請求項24】長手方向軸、および離隔された第1の端部と第2の端部を有する管状作業チャンバ(3)を画定する圧力容器手段を備え、チャンバの前記第1の端部に隣接する第1の壁手段(11)、およびチャンバの前記第2の端部に隣接する第2の壁手段(6)と、前記第1の壁手段(11)を加熱するための加熱手段(10、12)と、前記第2の壁手段(6)を冷却するための冷却手段と、熱交換手段(9)を有するピストン手段(7)と、作業流体が前記熱交換手段(9)を通過するように管状作業チャンバ(3)内部でチャンバの前記第1の端部と第2の端部との間でピストン手段(7)を往復運動させるための駆動手段とを含む外部燃焼機関であって、圧力容器手段が、銅と、ニッケルと、少量の鉄、マンガン、珪素および炭素とからなる合金、ならびにモリブデンやタングステンなどの耐熱金属から選択される材料を含むことを特徴とする外部燃焼機関(1)。

【請求項25】機関の作業チャンバ内に制御可能可変体積を作成するために流体パワー機械、例えば高速デジタル制御流体作業機械と共に、請求項1から請求項24までのいずれか一項に記載の外部燃焼機関を備える熱機関システム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

本発明は、離隔された第1の端部と第2の端部を有する管状作業チャンバを画定する圧力容器手段を備え、チャンバの前記第1の端部に隣接する第1の壁手段、およびチャンバの前記第2の端部に隣接する第2の壁手段と、前記第1の壁手段を加熱するための加熱手段と、前記第2の壁手段を冷却するための冷却手段と、熱交換手段を有するピストン手段と、作動流体が前記熱交換手段を通過するように管状作業チャンバ内部でチャンバの前記

第1の端部と第2の端部との間でピストン手段を往復運動させるための駆動手段とを含むような外部燃焼機関に関する。

【0002】

(背景技術)

ほとんどのスターリング・エンジンが、2つの異なる温度レベル間で移動する含有ガス作業流体の膨張および収縮の原理で動作する。スターリング・エンジンは、他の熱機関に比べていくつかの利点を有するが、高温水素など作業流体の封止、およびパワー制御に関する問題を有する。1920年代にMaloneが、US-A-1487664号およびUS-A-1717161号修正において、作業流体として、液体と超臨界との間の状態で変化する水をガスの代わりに使用するスターリング・エンジンの基本設計を提案している。Maloneのエンジンは、高圧で操作する必要があり、したがって高いパワー密度を提供した。しかし、Maloneによる研究以来、Maloneエンジンをさらに発展させるような研究はほとんど行われていない。Maloneサイクルの唯一の重要な発展は、冷凍および加熱ポンプにある。

【0003】

既知のMaloneエンジンの基本構成は、長いチューブの形をした熱力学圧力容器(すなわち「TDパイル」)を備え、その対向する端部に、両極端の温度が加えられる。高温端は、炎または熱蓄積材料など熱源に露出され、低温端は、パイルから熱を除去し、ジャケットを介して循環されている冷却流体にその熱を伝達することができる冷却ジャケットを有する。TDパイル内部の位置および温度のこれら極端間に、再生器と変位装置の両方となる有孔ピストンがある(本明細書では以後、再生器と呼ぶ)。再生器は、正弦の動きに従ってパイル内部で端から端へ機械的に駆動される。再生器が移動されるとき、流体は、マトリックスと流体の間で熱を交換するプロセスにおいて、そのコア・マトリックスを介するように付勢される。各端部からの流体の変位は、交互に、熱を受け入れる、または放出するのに利用可能な流体の質量を低減する。

【0004】

付勢された再生器の動き、および周期的に変化する熱の進入および排出により、機械的作業を生むために利用することができるTDパイル内部の流体の圧力および体積の変化が生じる。また、ピストンを低温端に接続することも知られており、これは、作業体積を高圧で膨張させ、次いで低減された圧力で収縮することができ、それにより流体と機械的パワーのインターフェースを形成する。より具体的には、TDパイルの作業体積を制御するために、EP-A-0494236号に開示されたようなデジタル変位水圧ポンプ／モータを提供することが提案されている。

【0005】

(発明の開示)

本発明は、指摘した種類の外部燃焼機関の基本構成要素の改良を提供することを求める。

【0006】

本発明の一態様によれば、指摘した種類の外部燃焼機関は、前記第1の壁手段が第1の熱交換面手段を有すること、前記ピストン手段が、作業流体を、前記熱交換面手段通過後に、ピストン手段がチャンバの前記第2の端部に向けて移動するときには前記第1の熱交換面手段を介して流れるように向けて、前記チャンバの第2の端部から第1の端部へ作業流体を移動させ、ピストン手段がチャンバの前記第1の端部に向けて移動するときには前記第1の熱交換面手段を迂回するように向けて、前記チャンバの第1の端部から第2の端部へ作業流体を移動させるように位置決め可能な第1のバルブ手段を含むバルビング手段を有することを特徴とする。

【0007】

本発明の別の態様によれば、後続の請求項20に記載の外部燃焼機関が提供される。

【0008】

本発明のさらなる態様によれば、後続の請求項23に記載の外部燃焼機関が提供される。

【0009】

本発明のさらなる態様によれば、後続の請求項24に記載の外部燃焼機関が提供される。

【0010】

次に本発明の実施形態を、添付図面を具体的に参照しながら例示としてのみ説明する。

【0011】

(発明の実施の形態)

図1に、一般に参照番号1で表される本発明によるいわゆるMaloneエンジンと、一般に参照番号2で表されるエンジン1用のデジタル変位ポンプ／モータおよび再生器ドライブとを備える熱機関システムを示す。

【0012】

エンジン1を、図1に概略的に示し、図2～4、5a、5b、6a、6b、および7により詳細に示す。図2を見るとわかるように、エンジン1は、エンジンの「高温端」を画定する上側部分4と、中間部分5と、エンジンの「低温端」を画定する下側部分6とを備える。ピストン手段または再生器7が、エンジン1の管状作業チャンバ3内部で軸方向に可動になっている。再生器は、「有孔」マトリックスまたはコア9(図中に鎖線で概略的に示す)を有し、このマトリックスまた

はコア9は、そこを介する流体の流れを可能にし、それとともに作業チャンバ内部での再生器の移動時に作業チャンバ3内部の流体を移動させる働きもする。中心タイロッド8がチャンバ3の軸に沿って位置決めされている。

#### 【0013】

エンジンの上側部分4は、フィン11cを備える外側部分11aと、作業流体、例えば水や蒸気が流れる経路11dを備える内側部分11bとを有する一般に参照番号11で表されるフィン付き熱交換器を封入する燃焼室10を備える。流れ経路11dは、熱交換面を提供し、熱交換器11の一端から他端に延在し、通常は長手方向に、または螺旋状に構成することができる。バーナ12が、フィン付き部分11aを加熱するために燃焼室の壁に取り付けられている。

#### 【0014】

エンジン1の高温端は、いくつかの点で元のMalone設計と異なる。内側部分11b内に小さな作業流体流れ経路11dが作成されて、はるかに大きな熱交換領域を提供している。図7に概略的に示すように、再生器7の動きは、再生器7が低温端に向かって下降するとき、超臨界蒸気が高速でこれらの経路11dを通るようにし、伝熱をさらに高める。経路11dは、いくつかの形で作成することができる。円形であり、非常に小さなボアからなっていてよい。あるいは、より大きなボアからなっていて、しかし円形または多角形断面のロッドを含み、このロッドがコア体積を減少させ、流れを外壁に向ける働きをしてもよい。経路はまた、極端な縦横比の長方形スロットから形成することもできる。図面からは明らかでないが、高温端の末端でこれらの経路の上端部および下端部が必要に応じて接合されて、内側部分11bの長さに沿って加熱流体の複数の横断をもたらししている。通常、これらの経路は、蒸気が高温端の頂部でコア体積内へ解放される前に3つの端端行路を提供する。

#### 【0015】

高温端熱交換器11の材料は、Maloneによって当初使用された鋳鋼から変更されている。いくつかの構成が提案されている。上述した蒸気経路を備え、モネル合金から作成される機械加工または鋳造フィン付きシリンダは、単一の防食材料からなっているという利点を有する。モネル合金は、他のニッケルベースの合金と異なり、温度が上昇すると共に伝熱係数が改善されるという普通とは異なる特性を有する。

#### 【0016】

熱交換フィン11cを一体型ユニット(例えば図5aおよび5b、ならびに図7に示される)として形成するのではなく、この高温端熱交換器構成は、例えば、スタック状に構成された「ワッシャ」または「積層」の形のフィンから形成されて、効率の良い熱交換面を提供する。ワッシャ状フィンのスタックは、管状コアに交互に配列された外径の異なる大きな「ワッシャ」と小さな「ワッシャ」から作成することができる。フィン通常、非円形の平面形状を有して、伝熱を高めることができる。大きい方のワッシャの平面プロファイルのコーナおよびスパイクは、燃焼室の乱流ガス流中に突出して金属中への伝熱を高めるように設計することができる。非円形フィンを非整列様式でスタックして、乱流ガスへの露出を最大にすることができる。図8および9は、丸められたコーナを有する概して正方形のフィン112の第1のセットと、これも概して正方形であり、丸められたコーナを有し、フィン112と交互配置されたフィン113の第2のセットとを有する。フィン112は、全て同じ向きに向けられており、フィン113も同様である。ただし、同じ向きに向けられたフィン112は、同じ向きに向けられたフィン113に関して90° オフセットしている。

#### 【0017】

フィン11c(すなわち112および113)は、モネルメタル(銅と、ニッケルと、少量の鉄、マンガン、珪素、および炭素とからなる合金)、またはモリブデンやタングステンなどの耐熱金属から作成することができ、熱伝導率がかなり高い。これらの耐熱金属が一般に有する酸化の問題は、Commandayが開発し、US-A-3090702号に開示されているDurak Bプロセスによって、ホウ素が拡散された二珪化モリブデン・コーティングを使用することにより防止することができる。

#### 【0018】

フィン11c(すなわち112および113)は、エンジン1の高温端の応力部分を形成する。これらは、高伝導率の銅から適切に作成された管状内側部分11bを効果的に含む。銅内側部分11bは、高い熱間強度の材料によって被包され、それにより圧伸またはクリーピングを受けない。内側部分11bは、2つの環状チューブから適切に作成されており、これらが拡散接合されて単一の部品を形成している。単一部片高温端に関して上で概説したように蒸気を伝導するために、接合前に、内側チューブの外面および/または外側チューブの内面にスロットおよび経路が機械加工される、または形成される。

#### 【0019】

低温端を画定する下側部分6は、冷却水ジャケットの内壁を形成する延在内側および外側熱交換面を有する銅スリーブ6aと、冷却水ジャケットの外壁を形成する外側スリーブ6bとを含む。

#### 【0020】

再生器の構成は、Los Alamos National LaboratoriesのSwiftによって概説された実施例に従い(「Simple Theory of a Malone Engine」, 24th Inter-Society Energy Conversion Engineering Conference, 1989, Paper No 899055, pp2355-2361参照)、非常に薄いオーステナイト系ステンレス鋼シートのディンブ



ル・スクロールから形成された「有孔」マトリックスまたはコア9を有する。スクロールは、表面積が大きく、しかし長手方向流れに対する抵抗が最小の熱交換器を提供する。Swiftに対するさらなる改良は、短い長さの穿孔で流れ方向にわたってシートを劈開し、または切断し、その後シートを再び平らにロールして、ディンプル付けし、次いで切断されディンプル付けされたシートを螺旋コイルの形に巻くことである。十字形カットが、再生器マトリックスまたはコアの金属を介する軸方向への熱の流れを遮り、それによりこの構成要素を介する寄生伝導熱損失を大幅に低減する。頻繁な鋭い縁部が、境界層での妨害をもたらして乱流を誘発し、これが伝熱を改善する。

#### 【0021】

元のMaloneエンジンでは、再生器マトリックスまたはコアを介する非逆流れを生成するために再生器内でバルブを使用した。本発明の設計でも再生器7の各端部でバルブ20、21を使用するが、これは別の理由のためである。バルブ20、21はチェック・バルブであり、作業流体の流れが、ストロークの一部期間中に、その影響が望まれない高温端および低温端の熱交換面を迂回することができるようにする。再生器7が高温端に上昇し、流体がマトリックスを介し低温端ダミー40を超えて進むようにするとき、排除される熱を最大にし、作業圧力を低く維持し、仮想ピストンを上死点にリセットすることが望ましい。これは、図5bおよび6aに示されるように、チェック・バルブ20を開き、チェック・バルブ21を閉じることによって達成される。再生器7が(低温端ダミー40と共に)上に移動するとき、開いているチェック・バルブ20は、作業流体を再生器7のコア9を介して流し(図5bの矢印A参照)、閉じたチェック・バルブ21は、作業流体を、内側スリーブ6aの熱交換面に対する低温端ダミーにわたって進める(図6aの矢印B参照)。再生器の上部にある開いたチェック・バルブ20は、パイルのコア体積内に捕集された蒸気が、高温端壁において長手方向経路11dを通過して不必要な熱をもつことなく、再生器マトリックスまたはコア9内に直接戻ることができるようにする。

#### 【0022】

逆向き、すなわち下方向へのストローク(図5aおよび6b参照)では、低温ダミー40にあるチェック・バルブ21が開いており、チェック・バルブ20は閉じている。開いたチェック・バルブ21は、水が、低温端のスリーブ6aに高速で付勢されて不必要に熱を排除することなく、再生器マトリックスまたはコア内に直接進むことができるようにする(矢印D)。閉じたチェック・バルブ20は、図5aに矢印Cで示されるように、蒸気が経路11dを介して流れるようになる。

#### 【0023】

TDパイルの作業チャンバ3内部の内圧によって誘発される長手方向の力は、簡便にはニッケル超合金からなる内部タイ・ロッド8によって抑制される。TDパイルの軸に沿ったロッド8の設置が3つの目的を達成する。第1に、極端に高温の燃焼ガスからタイ・ロッドを離隔しており、したがってタイ・ロッドが比較的細長くなっている。第2に、所与のTDパイル体積に関して、熱交換が制限されている内部コアまたは作業チャンバ3を占有し、外径をわずかに大きくし、その結果、熱交換面を増大させる。最後に、再生器を駆動するために使用することができる単動水圧ラムの基盤を提供する。

#### 【0024】

再生器7の動きは、水圧マスタ/スレーブ・シリンダ・システムを介して作業チャンバ3にパワーを伝達する回転偏心機構30(図10参照)によって生成される。偏心機構30は、流体パワー機械2の速度の5分の1～10分の1の速度範囲で回転し、同期の目的で駆動シャフトに直接ギアすることができる。マスタ・シリンダ31は、正弦に近い流体流れを生成し、タイ・ロッド8で流れ経路42(図4参照)を介して再生器7のスレーブ・シリンダ41に連係されるときに、流体を作業チャンバ内部で長手方向に振動させる。漏れを生じる可能性があるシールの摺動は、この流体接続によってなくなる。タイ・ロッド8の円周面に対してシリンダ41の下端部を封止するためのシール43が提供される。

#### 【0025】

マスタ・シリンダ31は油など潤滑流体をポンプし、そのため、作業チャンバ3の作業流体から油を離隔するために隔離仕切板を導入しなければならない。マスタおよびスレーブ・シリンダは、それ自体少量の漏れがあり、したがって動作中にシステムを補充するための機構が必要である。ピストンが下死点に達したときにマスタ・シリンダの側部にあるポートを露出することによって、システムの油側が損失を補填することができ、しかし正弦流れ曲線に小さなフラットスポットが導入されるという犠牲を払う。アイソレータの作業流体側では、再生器7が所定の動きを超えたときに小さなブリード・ポート32を露出することができる。進行端部ばね33を使用して再生器を拘束することができ、それとともにこれらのポートが開いて活動状態になる。このドエル期間によって導入されるわずかな動きの変化は、流体パワー機械の流れ関数を制御し、所望のP-Vダイアグラムに対する影響を最小限に抑えることによって補償することができる。

#### 【0026】

TDパイル作業体積、すなわち作業チャンバ3と流体パワー機械2との接続も、潤滑流体を用いてポンプ/モータを操作することが強く優先されるので、同様にアイソレータを必要とする。TDパイルは2つの流体接続しか有さず、摺動機械的接続がないので、多くの形態のスターリング・エンジンに典型的な封止の問題がなくなる。再生器

駆動システムと同様に、ポンプ／モータの油側での累積漏れは、余剰ストロークを時々ポンプして必要な圧力を回復することによって補填することができる。

【0027】

出力パワーの急速な変化を可能にするという目的をそれぞれが有する2つの自律制御システムを使用してエンジンを調整する。燃焼空気からはじめて、ブロワが、大気をバーナ12内に誘導し、バーナで大気と液体または気体燃料と結合される。燃料流量は、燃焼空気の圧力または流量に敏感な機械的比例バルブによって制御される。この手段により一定の空気対燃料比が維持される。バーナ12は混合物を燃焼し、結果として得られる高速高温ガスが、高温端で熱交換器の外面に衝突する。熱電対などの温度センサが、PID制御装置に高温端温度をフィードバックする。制御装置は、インバータ・ドライブの使用によってブロワ・インペラの速度、したがって燃焼ガスの質量流量を変えることによって温度を調節する。システムの熱的質量は比較的高く、得られる燃焼制御システムの時定数は長い。

【0028】

再生器は、振幅およびサイクル速度を変えない一定の正弦の動きで駆動される。ポンプ／モータ2も一定の速度で動作し、しかしその要求する流れ関数は、パワー要求の急速な変化を見込んで継続的に変化する。パワー・レベルを変更するための主要手段は、仮想パワー・ピストンをオフセットして、TDパイルの平均動作圧力レベルを増減することである。

【0029】

ポンプ／モータ2の要求する流れ関数は、感知とポンピングの固有時間遅延のため、アナログ要求信号に従うことによって容易に送達することができない。その代わりに、主要な制御方法は、各熱力学的サイクル中に従うシリンダ・イネーブル・イベントのルックアップ・テーブルをロードすることである。必要なテーブルの数は、エンジンが動作する最低平均圧力から、TDパイル構造によって対処することができる最高平均圧力までサイクルをバイアスするためにポンプする必要があるシリンダの数に対応する。通常、5～10個のシリンダ増分である。各パワー・レベルに、別個の同調テーブルが必要である。1つのパワー・レベルから別のパワー・レベルへの変化は、遷移テーブルを使用することによって行われ、これは有用なサイクルを生み出すことができるようにし、かつ次のサイクルを始めるのに必要な位置に仮想パワー・ピストンを戻す。予想外のイベントが起きた時、またはアイソレータ仕切板の両側での累積漏れが生じたときに、アナログ制御をテーブルの一部に重畳し、仮想ピストン位置を復元することができる。

【0030】

一定の速度で動く回転シャフトに全てのエンジン・パワーが伝達されたとき、発電器を直接駆動する場合と同様に、回転グループおよび負荷の慣性によってある程度の出力バッファリングを供給することができる。エンジンが可変速度負荷を供給している場合、より多くのバンクを追加することによってポンプ／モータのシャフトにさらなるサービスを組み込むことができ、所望の速度で水圧モータ、または線形ラムを駆動することができる制御可能な流れが提供される。負荷パワー要求とエンジン・パワー発生との短期間の不一致は、ガス・アキュムレータに直接接続することができるポンプ／モータ・スタックにエネルギー蓄積のための別のサービスを追加することによって補償することができる。この方法では、負荷とバッファリング・アキュムレータとの間に、大きく、しかし制御可能なエネルギー伝達率を生じることができる。クランクシャフトによって提供される隔離により、両サービスを、当該のマスタによって、そのサービスが要求する圧力で維持することができる。

【0031】

エンジンは、バーナ12を発火することによって始動され、TDパイルまたは作業チャンバ3にわたって温度差を確立する。次いで、ポンプ／モータ・サービスの電動機またはガスアキュムレータ駆動モータによって、ポンプ／モータおよび再生器の動きを確立して、サイクルを開始する。ピークルの場合、ワームアップ中に再生器ドライブがクラッチを切られ、TDパイル内部で適切な動作温度を確立しながらアキュムレータ内の蓄積エネルギーによってピークルが駆動されることが考えることができる。

【0032】

単一サイクルのプロセス中、相対的な加熱および作業流れは、ほぼ以下の割合になっている。すなわち、高温端壁を介して、蓄積され、次いで再生器マトリックスから解放される8のうち熱2が、1が排除されて冷却水に入り、1が機械的作業に変換される。

【0033】

記述した熱機関システムの基本的な構成要素および特徴は、周知のベータ構成スターリング・エンジンと非常に似ている。Maloneのエンジンと同様に、改良されたバージョンは多数のTDパイルを備えて動作することができる。少なくとも2つのランニング逆位相を有することによって、有意な利点を得ると想定される。

【0034】

Maloneの設計に対する最も基本的な変更は、パワー・ピストンの交換にあり、ピストンは、高速デジタル制御流体作業機械を用いて、再生器の動きと同じサイクル率で作動する。典型的には、そのような機械はEP-B-049

4236号に開示されるタイプのものであり、シャフト速度はおそらく10倍速い。流体機械は、各熱力学サイクル中に作業体積を何度も再利用することができる。流体機械の変位の高速制御によって、TDパイルの作業体積の非正弦体積変化を生成することが可能である。この新規な制御により、熱力学サイクルの圧力体積ダイアグラムを瞬時に、かつサイクルごとに自由に調節することができる。

#### 【0035】

瞬時制御により、高い応力を受けた高温端(常に赤熱している)の寿命を保証する範囲内で最大システム圧力を維持するように作業体積膨張率を制御することができる。サイクルごとの制御により、作業流体の体積を、仮想パワーピストンの動きを効果的にオフセットすることによって増減することができる(仮想パワーピストンの動きは、流体に従ってTDパイルの低温端において摺動ピストンがもたらす動作である)。このオフセットが、サイクル圧力の範囲の変化を生み、それによりサイクル・エネルギーおよび連続パワーの変化に対応するP-Vダイアグラム中に含まれる領域の変化を生む。

#### 【0036】

以下に、本発明による外部燃焼機関の設計、またはそのようなエンジンを組み込む熱機関システムにおいて新規と考えられる特徴を列挙する。

1. 任意の流れ関数および再生が可能であり、エンジンの作業スペース内で制御可能な可変体積を生成する手段として採用される流体パワー機械を有する外部燃焼機関。
2. 作業流体システム側に長手方向または螺旋状経路の環状アレイを備え、流体が変位機構／再生器の動きによって推進される熱交換システム。
3. 流れを外壁に向けるように離隔コアが挿入される上述の長手方向経路。
4. 延在面を有する熱伝導圧力容器を生成するために、モネル金属または耐熱金属の積層から構成される高い熱間強度の構造。
5. 乱流燃焼ガス内への貫入、およびガスとの熱交換を最大にするように延在面の形状および配列を選択した、高温端交換器を形成する積層またはワッシャ状フィン。
6. 圧力容器内で使用され、シーリングを保証し、かつ上述の2による熱交換経路用の長手方向スロットまたは穴を含む高伝導内側コア。
7. 再生器のコア内で金属箔を使用し、金属が流れ方向にわたって周期的に分けられており、ロールに通して平らにし、その後デンプル付けし、スクロールの形に巻いて、接触する媒体の熱伝導率を低減し、乱流を高めること。
8. 再生器の各端部でチェック・バルブを使用し、エンジンに必要な熱力学サイクルおよびポンピング・パワーの両方に望ましくない結果をもたらすときに、サイクルの一部期間中に熱伝達面をショートさせる、または迂回すること。
9. 熱力学圧力容器内部で圧力誘導軸方向力を抑制するために、高い熱間強度および低い熱伝導率の材料からなる中心タイロッドを使用すること。
10. ストローク終点位置で再生器を拘束し、流体の小さく継続的な漏れによる動きの誤差を補正するために、スレーブ再生器駆動シリンダでバイパス・ポートおよび中心合わせばねを使用すること。
11. 隔離仕切板の水圧流体側の下死点での漏れを補給するために、再生器駆動システムのマスタ・シリンダで補充ポートを使用すること。
12. シリンダ・イネーブル・イベントと熱力学サイクル位相との同期を保証するために、固定ギアリングによってポンプ／モータのクランクシャフトに再生器の動きを固定連係すること。
13. 熱流れおよびパワー出力の変化に関わらず、熱力学圧力容器の高温端で一定の温度を維持するように自律温度制御システムを使用すること。
14. ルックアップ・テーブルを使用して、流体パワー機械の固定流れ関数を生み、それにより、パワー・ストローク中にほぼ一定であり、かつ維持された上側圧力限界を有する制御された熱力学サイクルを生成し、パワー変換を最大にしなが高温端材料のクリープを最小限に抑えること。
15. サイクルごとにエンジン・パワーを制御するために、単一シリンダの変位の増分で作業体積を変化させることにより仮想パワー・ピストンをオフセットすること。
16. 流体パワー機械のシリンダ・イネーブル・レコードを制御するための異なる、または少なくとも修正されるルックアップ・テーブルを使用することによって、各オフセット位置でエンジンのサイクルを制御すること。
17. 遷移ルックアップ・テーブルを使用して、エンジンを異なるパワー状態間でスムーズに移すことができるようにし、それにより遷移サイクルが有用なパワーを発生し、それと同時に、後続のサイクルの開始時に適切な位置まで仮想パワー・ピストンを戻すようにすること。
18. 圧力および再生器／変位機構位置フィードバックを使用して、ルックアップ・テーブルの補正セクションの挿入によって仮想パワー・ピストン位置のずれを補正し、事前プログラム・イベントを、誤差フィードバックの結果として制御装置によって作成されるイベントで置き換えることができること。
19. 流体パワー機械の隔離サービスからガス・アキュムレータへの再生可能パワー伝達によって、バッファリン



グを使用して、エンジン・パワー要求の変化に対する非常に高速の機械的応答を達成すること。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による外部燃焼機関を含む熱機関システムの主要構成要素の概略図である。

【図2】

図1の外部燃焼機関を概略的に、しかしより詳細に示す断面図である。

【図3】

図2に示される機関の高温端の断面図である。

【図4】

図2に示される機関の低温端の中央部の拡大概略断面図である。

【図5a】

最上部位置から下方向に、再生器が移動するときのエンジンの再生器の上部での作業流体流れを示す図2のエンジンの高温端の上側部分の一部の概略断面図である。

【図5b】

最上部位置に向けて上方向に、再生器が移動するときのエンジンの再生器の上部での作業流体流れを示す図2のエンジンの高温端の上側部分の一部の概略断面図である。

【図6a】

最上部位置に向けて上方向に、再生器が移動するときのエンジンの再生器の底部での作業流体流れを示す図2のエンジンの一部の概略断面図である。

【図6b】

最上部位置から下方向に、再生器が移動するときのエンジンの再生器の底部での作業流体流れを示す図2のエンジンの一部の概略断面図である。

【図7】

低温端に向けて再生器が移動する間の流体流れを示すエンジンの高温端の概略断面図である。

【図8】

本発明による外部燃焼機関の別の実施形態の高温端の概略斜視図である。

【図9】

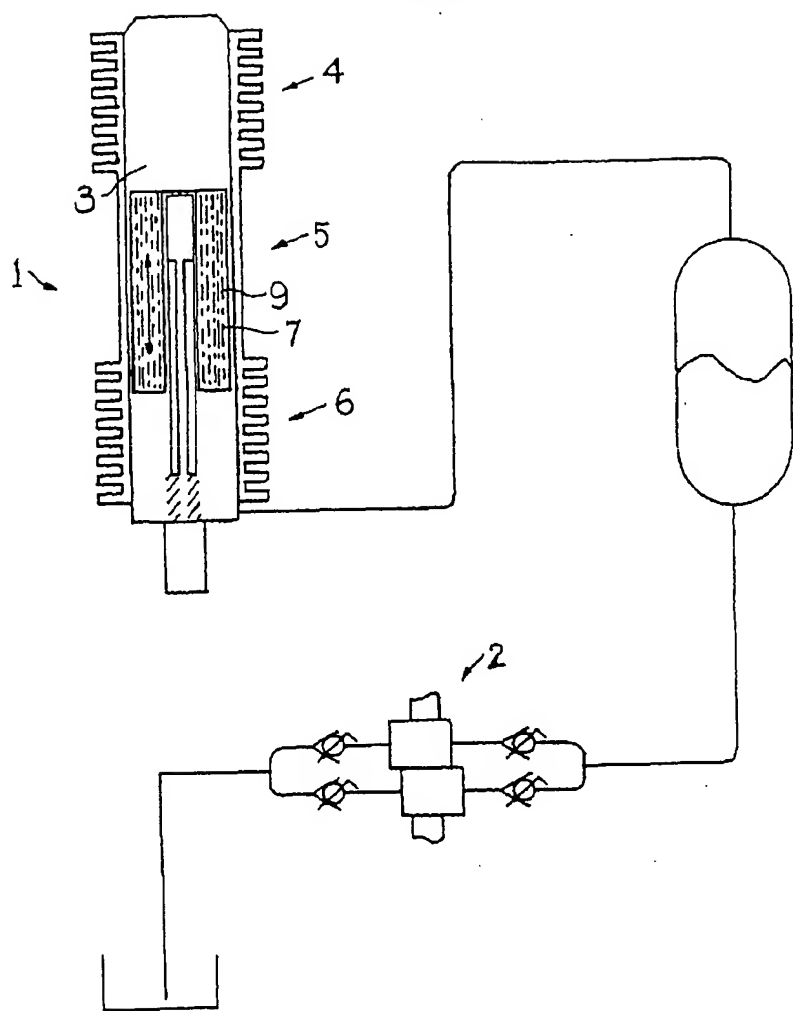
本発明による外部燃焼機関の別の実施形態の高温端の概略上面図である。

【図10】

図1に示される熱機関システムに関するデジタル変位ポンプ／モータおよび再生器ドライブの概略図である。

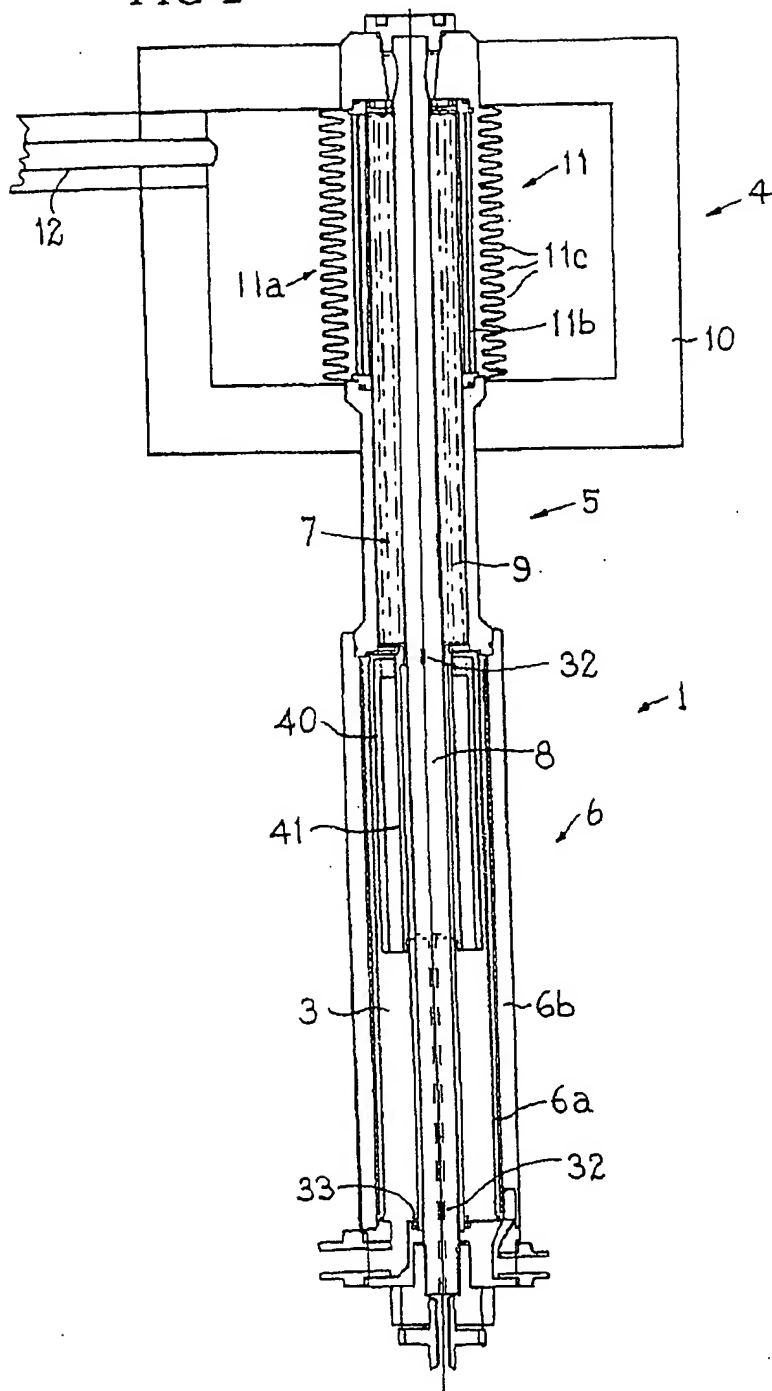
【図1】

FIG 1

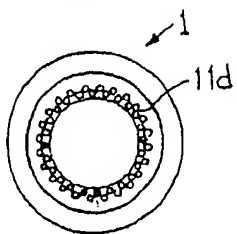


【図2】

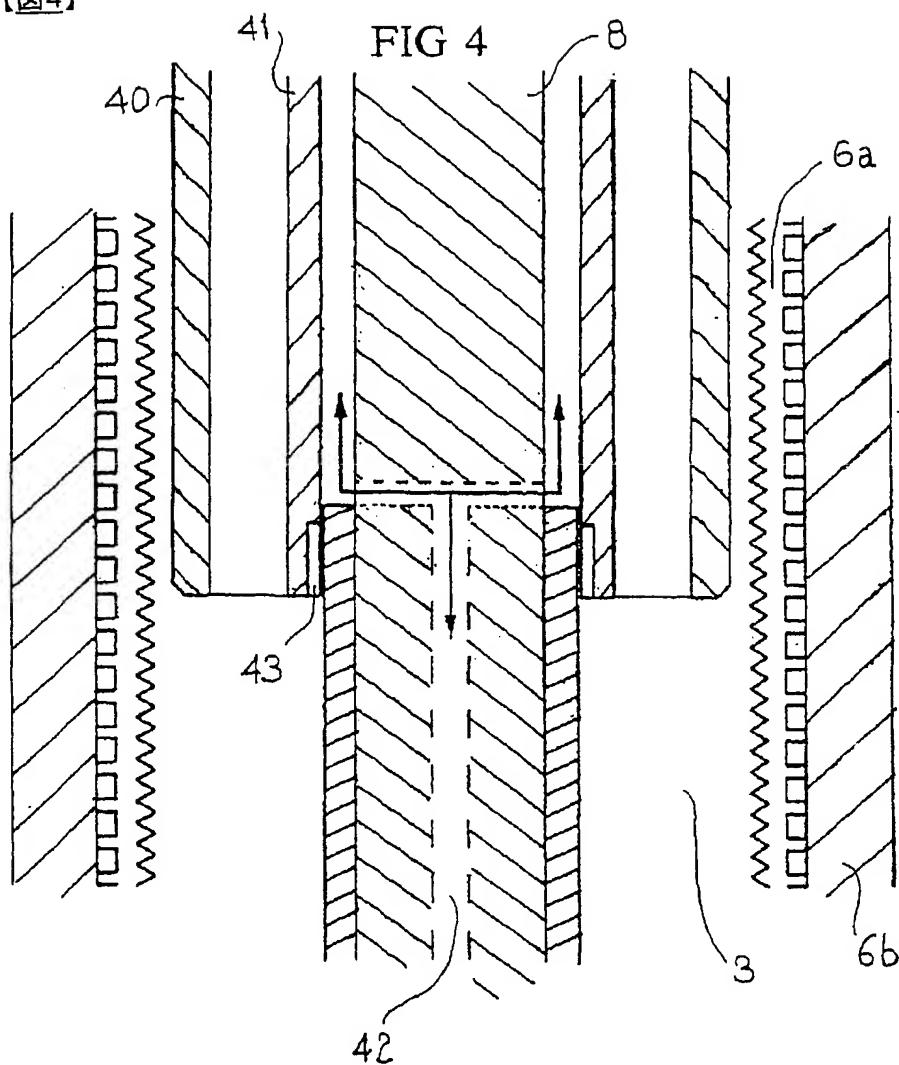
FIG 2



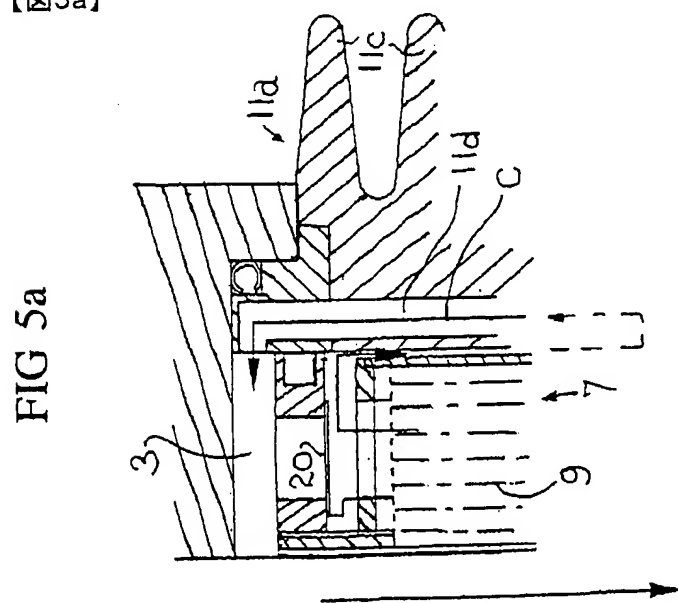
【図3】  
FIG 3



【図4】

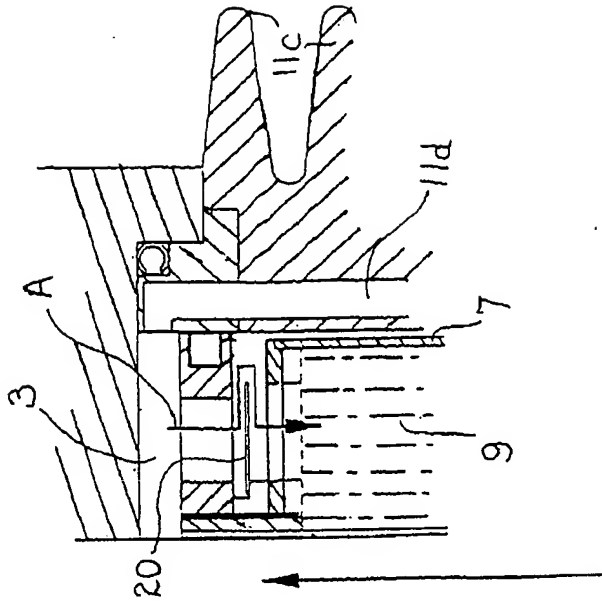


【図5a】



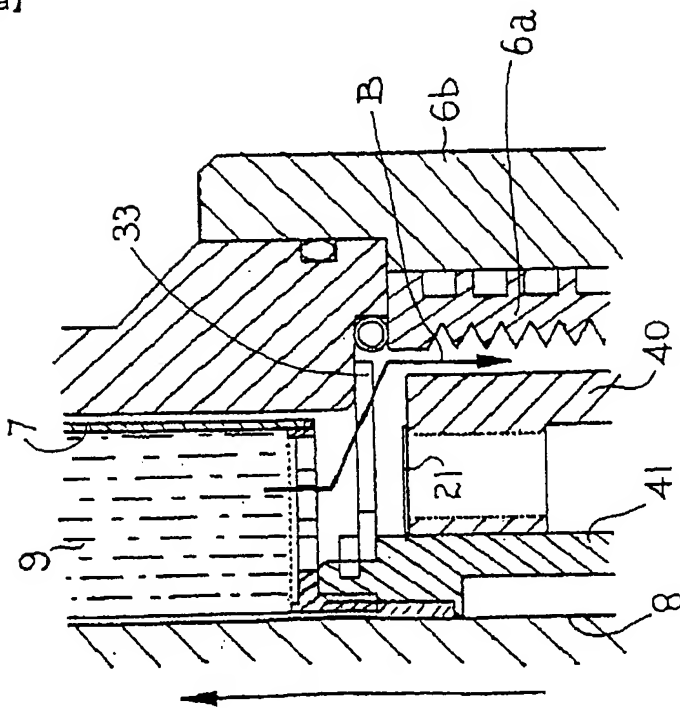
【図5b】

FIG 5b



【図6a】

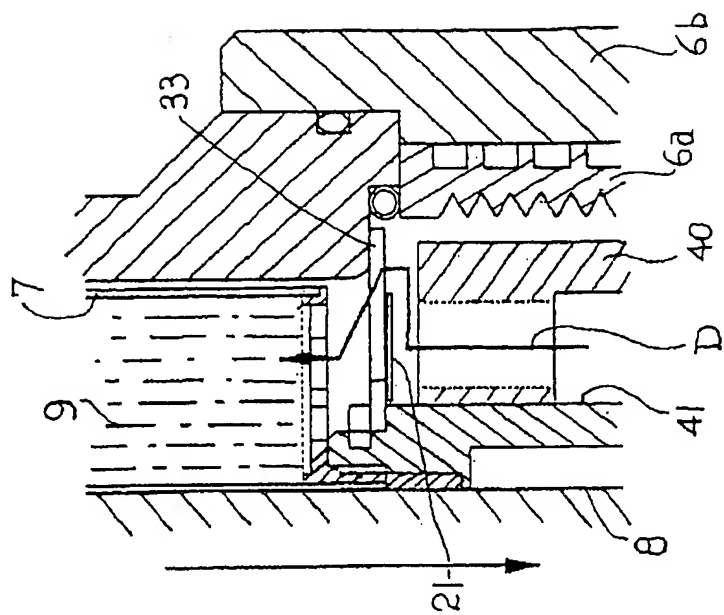
FIG 6a



【図6b】

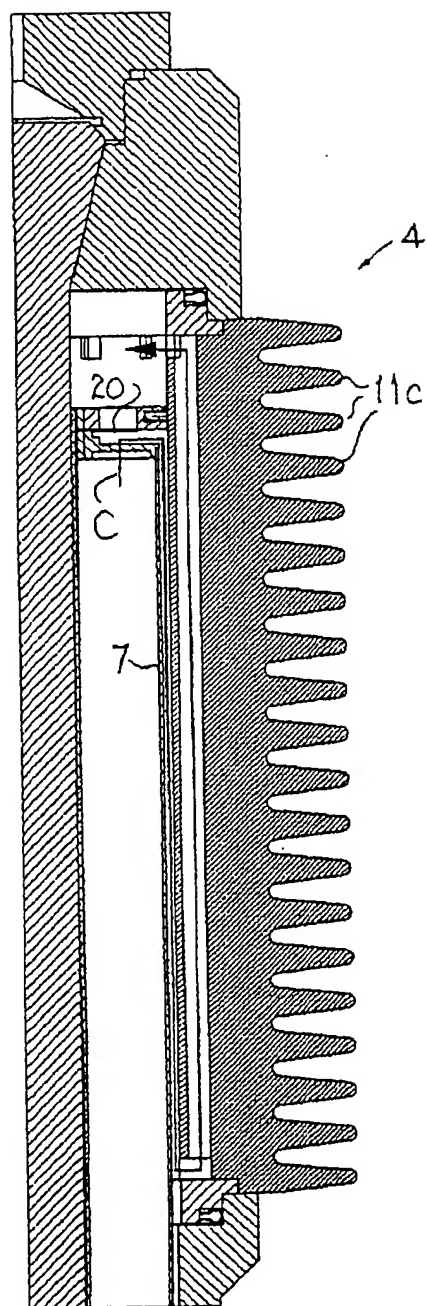


FIG 6b



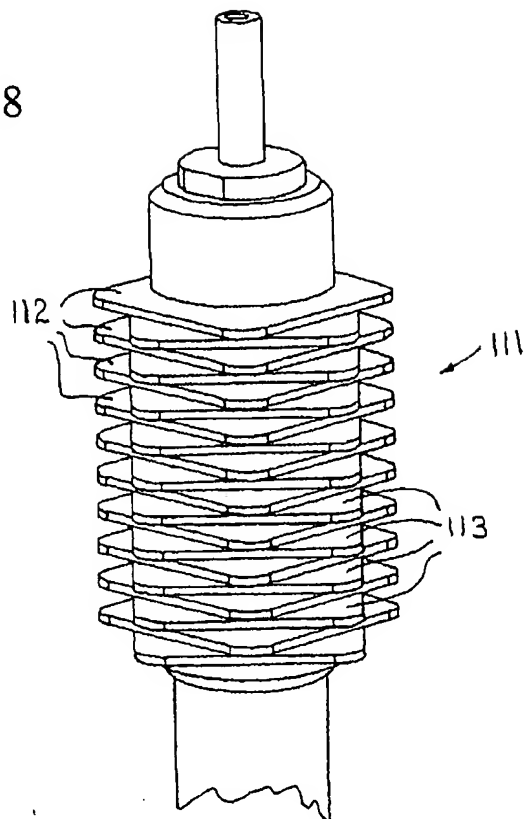
【図7】

FIG 7

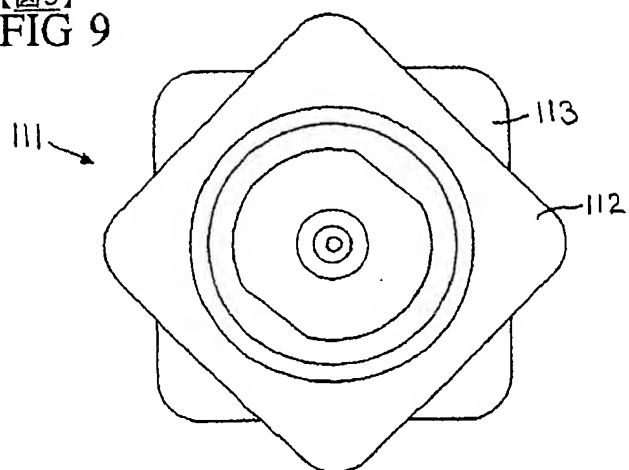


【図8】

FIG 8

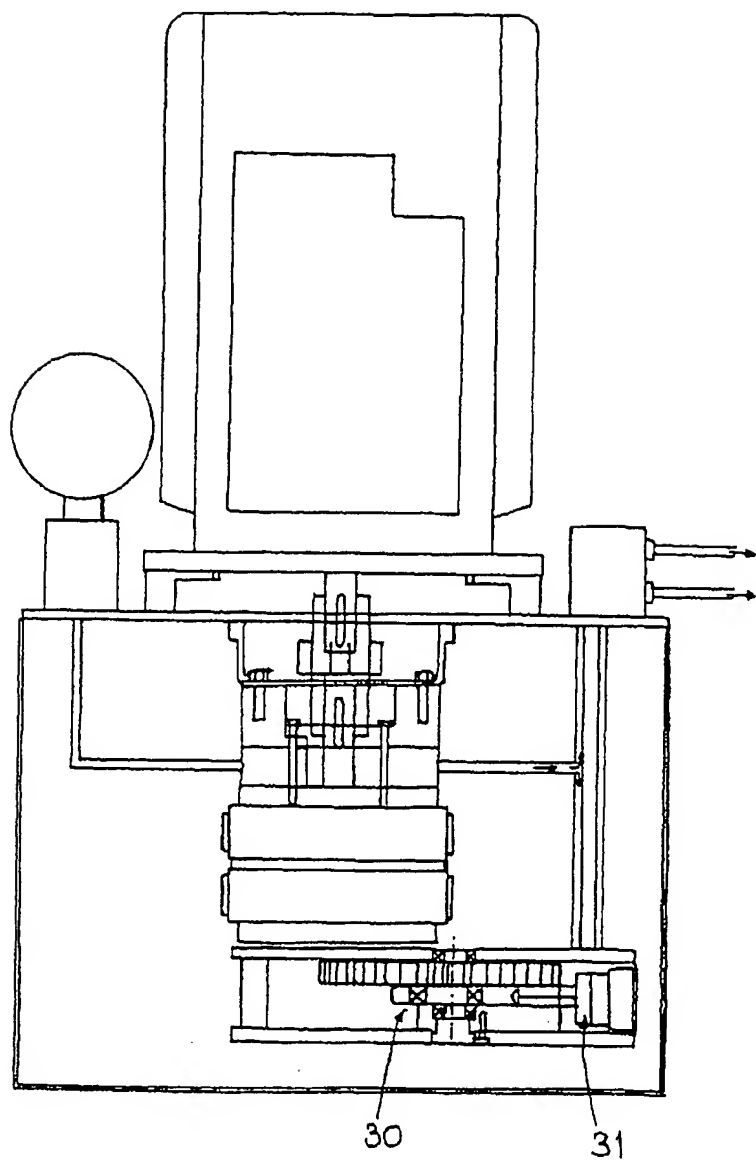


【図9】  
FIG 9



【図10】

FIG 10



## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1]The 1st wall means (11) that is provided with a pressure vessel means to demarcate a tubular work chamber (3) which has the 1st isolated end and the 2nd end, and adjoins said 1st end of a chamber, and the 2nd wall means (6) that adjoins said 2nd end of a chamber.

A heating method (10, 12) for heating said 1st wall means (11), a cooling method for cooling said 2nd wall means (6), and a heat exchange means (9).

It is the external combustion engine (1) provided with the above, said 1st wall means (11) has the 1st heat exchange surface means (11d), Said piston means (7) working fluid after said heat exchange means (9) passage, It turns so that it may flow via said 1st heat exchange surface means (11d), when a piston means (7) moves towards said 2nd end of a chamber (3), It turns so that said 1st heat exchange surface means (11d) may be bypassed, when working fluid is moved to the 1st end from the 2nd end of said chamber and a piston means (7) moves towards said 1st end of a chamber (3), It has the Barh Byng means which includes the 1st valve means (20) that can be positioned so that working fluid may be moved to the 2nd end from the 1st end of said chamber (3).

[Claim 2]Said piston means (7) is isolated from a wall of a tubular chamber (3), It has the tubular member (40) constituted by end of a piston means positioned by said 2nd end of a chamber soon, The 2nd wall means (6) has the 2nd heat exchange surface means (6a), and it said Barh Byng means, Working fluid which came from said tubular member (40) outside after said heat exchange means (9) passage, . Turn so that it may flow via said 2nd heat exchange surface means (6a), while a piston means (7) is moving towards said 1st end from said 2nd end of a chamber (3). Or working fluid which came from said tubular member (40) outside after said heat exchange means (9) passage, When a piston means (7) is moving towards said 2nd end from said 1st end of a chamber (3). The external combustion engine according to claim 1 including the 2nd valve means (21) that can operate so that it may be alike, said 2nd heat exchange surface means (6a) may not be contacted, an inside of said tubular member (40) may be passed and it may turn.

[Claim 3]The external combustion engine according to claim 1 or 2, wherein said 1st heat exchange surface means is provided with a course (11d) formed in said 1st wall means (11).

[Claim 4]The external combustion engine according to claim 3, wherein said course consists of a small bo.

[Claim 5]The external combustion engine according to claim 3, wherein a rod is positioned inside said course.

[Claim 6]The external combustion engine according to claim 3 with which said course is characterized by having a section of an extreme aspect ratio, respectively.

[Claim 7]An external combustion engine given in any 1 paragraph from claim 3, wherein said course is generally constituted by longitudinal direction within said 1st wall means to claim 6.

[Claim 8]An external combustion engine given in any 1 paragraph from claim 3, wherein said course is constituted so that an inside of a wall means may be provided with two or more paths for working fluid to claim 7.

[Claim 9]An external combustion engine given in any 1 paragraph from claim 3, wherein said course is generally constituted spirally in said 1st wall means to claim 6.

[Claim 10]An external combustion engine given in any 1 paragraph from claim 1 having an external heat exchange surface (11c;112, 113) for said 1st wall means (11) to carry out heat exchange to combustion gas of said heating method (10, 12) to claim 9.

[Claim 11]The external combustion engine according to claim 10, wherein said external heat exchange surface is provided by a heat exchange fin (11c;112, 113).



[Claim 12]The external combustion engine according to claim 10 or 11, wherein said heat exchange fin (112, 113) is a non-circle configuration.

[Claim 13]Claim 10, wherein said external heat exchange surface is formed from a stack of a heat exchange member (112, 113) assembled by one, claim 11, or the external combustion engine according to claim 12.

[Claim 14]The external combustion engine according to claim 13 when subordinate to claim 12, wherein one which said un-circular heat exchange fin (112, 113) adjoins is related mutually and it has become stagger arrangement, or claim 12.

[Claim 15]An external combustion engine given in any 1 paragraph from claim 10 consisting of material chosen from heat-resistant metal characterized by comprising the following, such as an alloy and molybdenum, and tungsten, to claim 14.

Said 1st wall means (11) is copper.

Nickel.

A small amount of iron, manganese, silicon, and carbon.

[Claim 16]An external combustion engine given in any 1 paragraph from claim 1, wherein said heat exchange means (9) is provided with a metallic foil to claim 15.

[Claim 17]The external combustion engine according to claim 16, wherein said metallic foil is constituted as a generally spiral coil which has an axis of a chamber (3), and an axis of the same axle.

[Claim 18]The external combustion engine according to claim 16 or 17 with which said metallic foil is characterized by having two or more cuts or an opening inside.

[Claim 19]When a stillness tension bolt (8) is arranged along with the length on the same axle at said tubular work chamber (3) and a piston means (7) moves between ends of said chamber (3) reciprocally, An external combustion engine given in any 1 paragraph from claim 1 which encloses the Thailand means in closure and is characterized by a movable thing along with the length to claim 18.

[Claim 20]An external combustion engine (1) which is an external combustion engine characterized by comprising the following, and is characterized by providing said heat exchange means with a metallic foil.

The 1st wall means (11) that is provided with a pressure vessel means to demarcate a tubular work chamber (3) which has the 1st isolated end and the 2nd end, and adjoins said 1st end of a chamber, and the 2nd wall means (6) that adjoins said 2nd end of a chamber.

A heating method for heating said 1st wall means (11) (10, 12).

A cooling method for cooling said 2nd wall means (6).

A piston means (7) which has a heat exchange means (9), and a driving means for making a piston means (7) move reciprocally between said 1st end of a chamber, and the 2nd end inside a tubular work chamber (3) so that working fluid may pass said heat exchange means (9).

[Claim 21]The external combustion engine according to claim 20, wherein said metallic foil is constituted as a generally spiral coil which has an axis of a tubular work chamber (3), and an axis of the same axle.

[Claim 22]The external combustion engine according to claim 20 or 21 with which said metallic foil is characterized by having two or more cuts or an opening inside.

[Claim 23]The 1st wall means (11) that is provided with a pressure vessel means to demarcate a tubular work chamber (3) which has a longitudinal direction axis, and the 1st isolated end and the 2nd end, and adjoins said 1st end of a chamber, and the 2nd wall means (6) that adjoins said 2nd end of a chamber.

A heating method (10, 12) for heating said 1st wall means (11), a cooling method for cooling said 2nd wall means (6), and a heat exchange means (9).

It is the external combustion engine (1) provided with the above, and it has further a stillness tension bolt (8) arranged at said combustion chamber (3) and the same axle, said piston (7) is attached to the surroundings of a tension bolt in closure, and it is characterized by being movable to shaft orientations along there.

[Claim 24]The 1st wall means (11) that is provided with a pressure vessel means to demarcate a tubular work chamber (3) which has a longitudinal direction axis, and the 1st isolated end and the 2nd end, and adjoins said 1st end of a chamber, and the 2nd wall means (6) that adjoins said 2nd end of a chamber.

A heating method (10, 12) for heating said 1st wall means (11), a cooling method for cooling said 2nd wall means (6), and a heat exchange means (9).

Material chosen from heat-resistant metal, such as an alloy in which it is the external combustion engine (1)

provided with the above, and a pressure vessel means consists of copper, nickel, and a small amount of iron, manganese, silicon and carbon and molybdenum, and tungsten, is included.

[Claim 25]A thermomotor system which equips any 1 paragraph from claim 1 to claim 24 with an external combustion engine of a statement with a fluid power machine, for example, a high-speed digital control fluid operating machine, in order to create a controllable good variant product in a work chamber of an organization.

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

(Technical field)

The 1st wall means that this invention is provided with a pressure vessel means to demarcate the tubular work chamber which has the 1st isolated end and the 2nd end, and adjoins said 1st end of a chamber, and the 2nd wall means that adjoins said 2nd end of a chamber, The heating method for heating said 1st wall means, and the cooling method for cooling said 2nd wall means, It is related with an external combustion engine which includes the piston means which has a heat exchange means, and the driving means for making a piston means move reciprocately between said 1st end of a chamber, and the 2nd end inside a tubular work chamber so that a working fluid may pass said heat exchange means.

**[0002]**

(Background art)

Almost all the stirling engines operate by the principle of expansion of the content gas working fluid which moves between two different temperature levels, and contraction. Although a stirling engine has some advantages compared with other thermomotors, it has a problem about closure of working fluid, such as high-temperature-hot-water matter, and power control. The basic design of the stirling engine which uses the water from which Malone will change in the state between a fluid and supercritical as working fluid in US-A-1487664 No. and the US-A-No. 1717161 correction in the 1920s instead of gas is proposed. The engine of Malone needed to be operated with high voltage, therefore provided high power density. However, most researches into which a Malone engine is developed further have not been done since research by Malone. Refrigeration and a heating pump have important only development of a Malone cycle.

**[0003]**

The basic constitution of a known Malone engine is provided with the thermodynamics pressure vessel (namely, "TD pile") which carried out the form of the long tube, and a diametrically opposite temperature is applied to the end which counters. A high temperature end is exposed to heat sources, such as flame or heat accumulation material, and a low temperature end removes heat from a pile, and has a cooling jacket which can transmit the heat to the cooling fluid through which it circulates via the jacket. The perforated piston which becomes both a regenerator and a displacement device is between the position inside TD pile, and these extremes of temperature (on these specifications, it is henceforth called a regenerator). A regenerator is mechanically driven from an end to an end inside a pile according to a motion of a sine. When a regenerator is moved, a fluid is energized so that the core matrix may be passed in the process of exchanging heat, between a matrix and a fluid. Displacement of the fluid from each end reduces the mass of a fluid available by turns, although heat is accepted or emitted.

**[0004]**

Change of the pressure of the fluid inside TD pile which can be used by penetration and discharge of a motion of the energized regenerator and the heat which changes periodically in order to induce mechanical work, and volume arises. Connecting a piston to a low temperature end is also known, a work-bodies product can be expanded with high voltage, it can contract by the pressure subsequently reduced, and, thereby, this forms the interface of a fluid and mechanical power. In order to control the work-bodies product of TD pile, more specifically, providing the digital displacement hydraulic pump / motor which was indicated by EP-A-0494236 No. is proposed.

**[0005]**

(Indication of an invention)

This invention urges it to provide improvement of the basic building block of the external combustion engine of the pointed-out kind.

[0006]

According to one mode of this invention, the external combustion engine of the pointed-out kind, Said 1st wall means's having the 1st heat exchange surface means and said piston means, Working fluid is turned so that it may flow via said 1st heat exchange surface means, when a piston means turns to said 2nd end of a chamber and moves after said heat exchange surface means passage, It turns so that said 1st heat exchange surface means may be bypassed, when working fluid is moved to the 1st end from the 2nd end of said chamber and a piston means moves towards said 1st end of a chamber, It has the Barh Byng means which includes the 1st valve means that can be positioned so that working fluid may be moved to the 2nd end from the 1st end of said chamber.

[0007]

According to another mode of this invention, the following external combustion engine according to claim 20 is provided.

[0008]

According to the further mode of this invention, the following external combustion engine according to claim 23 is provided.

[0009]

According to the further mode of this invention, the following external combustion engine according to claim 24 is provided.

[0010]

Next, the embodiment of this invention is described only as illustration, referring to an accompanying drawing concretely.

[0011]

(Embodiment of the invention)

A thermomotor system provided with what is called a Malone engine by this invention generally expressed with the reference number 1 to drawing 1, and the digital displacement pump / motor for engine 1, and the regenerator drive which are generally expressed with the reference number 2 is shown.

[0012]

The engine 1 is roughly shown in drawing 1, and drawing 2 -4, and 5a, 5b, 6a, 6b and 7 show it in detail. The engine 1 is provided with the upper part 4 which demarcates engine "high temperature end", the omitted portion 5, and the lower part 6 which demarcates engine "low temperature end" so that it may turn out that drawing 2 is seen. The piston means or the regenerator 7 is movable to shaft orientations inside [ tubular work chamber 3 ] the engine 1. A regenerator has a "perforated" matrix or the core 9 (a broken chain line shows roughly in a figure), and this matrix or core 9 makes the flow of the fluid through that possible, and serves to move the fluid of work chamber 3 inside with it at the time of movement of the regenerator inside a work chamber. The central tie rod 8 is positioned in accordance with the axis of the chamber 3.

[0013]

The engine upper part 4 is provided with the combustion chamber 10 which encloses the heat exchanger with a fin which has the lateral part 11a provided with the fin 11c, and the inner part 11b provided with 11 d of courses into which working fluid, for example, water, and a steam flow, and which is generally expressed with the reference number 11. 11 d of flow paths provide a heat exchange surface, extend in the other end and can usually constitute it from one end of the heat exchanger 11 a longitudinal direction or spirally. The burner 12 is attached to the wall of a combustion chamber in order to heat the portion 11a with a fin.

[0014]

The high temperature end of the engine 1 differs from the original Malone design in some respects. In the inner part 11b, 11 d of small working fluid flow paths are created, and the far big heat exchange field is provided. As roughly shown in drawing 7, a supercritical steam passes along 11 d of these courses at high speed, and a motion of the regenerator 7 raises heat transfer further, when the regenerator 7 descends toward a low temperature end. 11 d of courses can be created in some forms. It may consist of a circular and very small bo. Or it consists of a bigger bo, however, or including the rod of a polygon cross section, a core body product may be decreased and this rod may be serving to turn a flow to an outer wall. A course can also be formed from the rectangle slot of an extreme aspect ratio. Although it is not clear from a drawing, the upper bed part and lower end part of these courses were joined if needed at the end of the high temperature end, and crossing of the

plurality of heating fluid is brought about along with the length of the inner part 11b. Usually, these courses provide three some parts courses, before a steam is released into a core body product in the crowning of a high temperature end.

[0015]

The material of the high temperature end heat exchanger 11 is changed from steel casting used by Malone at the beginning. Some composition is proposed. Having the steam route mentioned above, machining or the cylinder with a casting fin created from a Monel metal has the advantage of consisting of a single corrosion preventive. Unlike the alloy of other nickel bases, temperature rises and a Monel metal has the characteristic which is different in it being common that a heat transfer coefficient is improved.

[0016]

Rather than forming the heat exchange fin 11c as an integral unit (for example, shown in drawing 5 a, 5b, and drawing 7) this high temperature end heat exchanger composition, For example, it is formed from the "washer" constituted in the shape of a stack, or the fin of the form of "lamination", and an efficient heat exchange surface is provided. The stack of a washer-like fin can be created from big "washer" with which the outer diameters arranged by turns by the tubular core differ, and small "washer." A fin usually has un-circular plane shape, and can raise heat transfer. The corner of the flat-surface profile of the washer of the larger one and a spike can be designed project in the turbulent flow gas stream of a combustion chamber, and raise the heat transfer to the inside of metal. The stack of the un-circular fin can be carried out with a non-aligning form, and exposure in turbulent flow gas can be made into the maximum. drawing 8 and 9 have the corner rounded off -- the 1st set of the square fin 112 and this are also squares generally.

It has the corner rounded off and has the 2nd set of the fin 112 and the fin 113 by which mutual arrangement was carried out.

The fin 112 is altogether turned to the same direction.

The fin 113 is also the same.

However, 90 degrees of fins 112 turned to the same direction are offset about the fin 113 turned to the same direction.

[0017]

The fin 11c (namely, 112 and 113) can be created from heat-resistant metal, such as a monel metal (alloy which consists of copper, nickel, and a small amount of iron, manganese, silicon and carbon) or molybdenum, and tungsten, and its thermal conductivity is quite high. The problem of the oxidation which these heat-resistant metal generally has can be prevented by Commanday's developing and using molybdenum-disilicide coating which boron diffused by the Durak B process currently indicated by US-A-3090702 No.

[0018]

The fin 11c (namely, 112 and 113) forms the stress portion of the high temperature end of the engine 1. These contain effectively the tubular inner part 11b appropriately created from copper of high conductivity. The copper inner part 11b is entirely wrapped with the material of high warm strength, and, thereby, does not receive companding or creeping. The inner part 11b is appropriately created from two annular tubes.

Diffused junction of these is carried out and they form single parts.

As it gave an outline about the single piece high temperature end in the top, in order to conduct a steam, a slot and a course are machined or formed in the outside surface of an inner tube, and/or the inner surface of an outer tube before junction.

[0019]

The lower part 6 which demarcates a low temperature end contains the copper sleeve 6a which has the extension inside and the outside heat exchange surface which form the wall of a cooling water jacket, and the outside sleeve 6b which forms the outer wall of a cooling water jacket.

[0020]

The composition of a regenerator, By Swift of Los Alamos National Laboratories. The outlined example is followed ("Simple.). Theory. Refer to of a Malone Engine", 24 th Inter-Society Energy Conversion Engineering Conference, 1989, PaperNo 899055, and pp 2355-2361, It has the "perforated" matrix or the core 9 formed from dimple scrolling of the very thin austenitic-stainless-steel sheet. Surface area of scrolling is large, however the resistance to a longitudinal direction flow provides the minimum heat exchanger. The further improvement to Swift is winding around the form of a spiral coil the sheet by which carried out cleavage of the sheet, or cut it over the flow direction in punching of short length, rolled the rear seat level, carried out dimple attachment again, and was subsequently cut, and dimple attachment was carried out. A cross shape cut interrupts the heat



flow to the shaft orientations through the metal of a regenerator matrix or a core, and the parasitism conductive-heat loss which passes this component by that cause is reduced substantially. A frequent sharp edge brings about disturbance by a boundary layer, and induces a turbulent flow, and this improves heat transfer.

[0021]

In the original Malone engine, in order to generate the un-reverse flow through a regenerator matrix or a core, the valve was used within the regenerator. Although the design of this invention also uses the valves 20 and 21 at each end of the regenerator 7, this is for another reason. The valves 20 and 21 are check valves and the flow of working fluid enables it to bypass the heat exchange surface of the high temperature end and low temperature end and the influence is not wished during the part period of a stroke. When the regenerator 7 goes up to a high temperature end and a fluid is made to advance over the low temperature end straw man 40 via a matrix, it is desirable to make the heat eliminated into the maximum, to maintain operation pressure power low, and to reset a virtual piston to a top dead center. As shown in drawing 5 b and 6a, this opens the check valve 20 and is attained by closing the check valve 21. When the regenerator 7 moves upwards (low temperature end straw man 40), the open check valve 20, Pouring working fluid via the core 9 of the regenerator 7 (refer to arrow [ of drawing 5 b ] A) the closed check valve 21 carries forward working fluid over the low temperature end straw man to the heat exchange surface of the inner sleeve 6a (refer to arrow [ of drawing 6 a ] B). The open check valve 20 in the upper part of a regenerator enables it to return directly in a regenerator matrix or the core 9, without the steam caught in the core body product of a pile passing 11 d of longitudinal direction courses in a high temperature end wall, and having unnecessary heat.

[0022]

In the stroke (refer to drawing 5 a and 6b) to for reverse (i.e., down), the check valve 21 in the low-temperature straw man 40 is open, and the check valve 20 is closed. It enables it to follow the open check valve 21 to a regenerator matrix or incore directly, without water's being energized at high speed by the sleeve 6a of a low temperature end, and eliminating heat superfluously (arrow D). It is made for a steam to flow through the closed check valve 20 via 11 d of courses, as shown to drawing 5 a by the arrow C.

[0023]

The power of the longitudinal direction induced by the internal pressure inside [ work chamber 3 ] TD pile is controlled simple with the internal tension bolt 8 which consists of nickel superalloy. Installation of the rod 8 in alignment with the axis of TD pile attains three purposes. To the 1st, the tension bolt is isolated from extremely hot combustion gas, therefore the tension bolt is comparatively long and slender. To the 2nd, about given TD pile volume, the inner core or the work chamber 3 to which heat exchange is restricted is occupied, an outer diameter is enlarged slightly, and, as a result, a heat exchange surface is increased. The base of the single-acting hydraulic ram which can finally be used since a regenerator is driven is provided.

[0024]

A motion of the regenerator 7 is generated by the rotational eccentricity mechanism 30 (refer to drawing 10) in which power is transmitted to the work chamber 3 via a water pressure master / slave cylinder system. It can be rotated by the eccentric mechanism 30 in the speed range of  $1/5 - 1/10$  of the speed of the fluid power machine 2, and a gear can be directly carried out to a driving shaft for the purpose of a synchronization. The master cylinder 31 vibrates a fluid to a longitudinal direction inside a work chamber, when the fluid passage near a sine is generated and it is coordinated with the slave cylinder 41 of the regenerator 7 via the flow path 42 (refer to drawing 4) with the tension bolt 8. Sliding of the seal which may produce leakage is lost by this fluid connection. The seal 43 for closing the lower end part of the cylinder 41 to the circumference surface of the tension bolt 8 is provided.

[0025]

The master cylinder 31 must introduce an isolation divider plate, in order to carry out the pump of the lubrication fluid, such as an oil, therefore to isolate an oil from the working fluid of the work chamber 3. The mechanism for there being leakage of an itself small quantity, therefore filling up a system working is required for a master and a slave cylinder. When a piston reaches a bottom dead point, by exposing the port in the flank of a master cylinder, the oil side of a system can fill up a loss, however the sacrifice that a small flat spot is introduced into a sine flow curve is paid. In the working fluid side of an isolator, when the regenerator 7 exceeds a predetermined motion, the small bleed port 32 can be exposed. A regenerator can be restrained using the advance end spring 33, and with it, these ports will open and it will be in an active state. A slight change of a motion introduced by this dwell period can be compensated by controlling the stream function of a fluid power

machine and suppressing influence on a desired P-V diagram to the minimum.

[0026]

Since priority is strongly given to operating a pump/motor using lubrication fluid, connection with TD pile work-bodies product 3, i.e., a work chamber, and the fluid power machine 2 needs an isolator similarly. Since TD pile has only two fluid connection and does not have sliding mechanical connections, the problem of typical closure is lost to the stirling engine of many gestalten. The leakage in accumulation by the side of the oil of a pump/motor can be filled up like a regenerator driver system by sometimes carrying out the pump of the surplus stroke, and recovering a required pressure.

[0027]

An engine is adjusted using two autonomous control systems with which each has the purpose of enabling rapid change of output power. A blower derives the atmosphere in the burner 12 for the first time from combustion air, and the atmosphere is combined with a fluid or gaseous fuel by a burner. A fuel flow is controlled by a mechanical proportional valve sensitive to the pressure or flow of combustion air. Air versus a fixed fuel ratio is maintained by this means. The burner 12 burns a mixture and the high-speed high temperature gas obtained as a result collides with the outside surface of a heat exchanger by a high temperature end. Temperature sensors, such as a thermo couple, feed back high temperature end temperature to a PID control device. A control device adjusts temperature by changing the speed of a blower impeller, therefore the mass flow rate of combustion gas by use of an inverter drive. The thermal mass of a system is comparatively high and the damping time constant of the combustion control system obtained is long.

[0028]

A regenerator is driven by motion of the fixed sine which does not change amplitude and a cycle rate. Operating [ however ] at speed also with constant pump / motor 2, the stream function to demand counts upon a rapid change of a power demand, and changes continuously. The main means for changing a sound power level are offsetting a virtual power piston and fluctuating the average working pressure level of TD pile.

[0029]

The stream function which a pump / motor 2 requires cannot be easily sent depending on following an analog requirement signal because of proper time delay of perception and pumping. Instead, the main control methods are loading the look up table of the cylinder enabling event which follows into each thermodynamic cycle. The number of required tables is equivalent to the number of the cylinders which need to carry out a pump, in order to carry out bias of the cycle from the minimum mean pressure in which the engine operates to the highest mean pressure which can cope with it by TD pile structure. Usually, they are 5-10 cylinder increment. A separate alignment table is required for each sound power level. A virtual power piston is returned to a position required for change to another sound power level from one sound power level to be performed by using a transition table, and for this enable it to produce a useful cycle, and begin the following cycle. When an unexpected event occurs, or when the leakage in accumulation by the both sides of an isolator divider plate arises, analog control can be superimposed on some tables and a virtual piston position can be restored.

[0030]

When all the engine power is transmitted to the rotating shaft which moves at a fixed speed, a certain amount of output buffering can be supplied by the inertia of a rotation group and load as well as the case where the direct drive of the electric organ is carried out. When the engine supplies variable speed load, by adding more banks, the further service can be included in the shaft of a pump/motor, and the controllable flow which can drive a hydraulic motor or linearity rum at the rate of a request is provided. The disagreement of the short period of time of a load power demand and engine power generating can be compensated by adding another service for energy pooling to the pump / motor stack which can carry out direct continuation to a gas accumulator. In this method, the controllable rate of an energy transfer can be greatly produced between load and a buffering accumulator. By isolation provided with a crankshaft, both services are maintainable by the pressure which the service requires by the master of this \*\*.

[0031]

An engine puts the burner 12 into operation by igniting, and establishes a temperature gradient over TD pile or the work chamber 3. Subsequently, with the electric motor or gas accumulator drive motor of a pump / motor service, a motion of a pump / motor, and a regenerator is established, and a cycle is started. In the case of a vehicle, while a regenerator drive has a clutch cut and establishes a suitable operating temperature inside TD pile during a worm rise, it is possible that a vehicle drives with the stored energy in an accumulator.

[0032]

Relative heating and work flow are the following rates mostly among the process of a single cycle. That is, via a high temperature end wall, it is accumulated, and among 8 subsequently released from a regenerator matrix, 1 is eliminated, the heat 2 goes into cooling water, and 1 is changed into mechanical work.

[0033]

The fundamental component and the feature of the thermomotor system which were described resemble the well-known beta composition stirling engine dramatically. Like the engine of Malone, the improved version can be provided with many TD piles, and can operate. It is assumed by having at least two running opposite phases that a significant advantage is acquired.

[0034]

There is the most fundamental change to exchange of a power piston to the design of Malone, and the piston operates at the same rate of a cycle as a motion of a regenerator using a high-speed digital control fluid operating machine. Typically, such machinery is a thing of the type indicated by EP-B-0494236 No., and, probably a shaft speed is 10 times quicker. The fluid machinery can reuse a work-bodies product in each thermodynamic cycle repeatedly. It is possible to generate the non-sine volume change of the work-bodies product of TD pile by high-speed control of displacement of fluid machinery. this new control -- the pressure volume diagram of a thermodynamic cycle -- an instant -- and it can adjust freely for every cycle.

[0035]

The work-bodies product rate of expansion is controllable by instant control to maintain the maximum system pressure within limits which guarantee the life of the high temperature end (it is always burning) which received high stress. By control for every cycle, the volume of working fluid can be fluctuated by offsetting a motion of a virtual power piston effectively (a motion of a virtual power piston is operation which a slide piston brings about in the low temperature end of TD pile according to a fluid). This offset induces change of the range of a cycle pressure, and induces change of the field included by that cause in the P-V diagram corresponding to change of cycle energy and continuation power.

[0036]

The features considered to be new in the thermomotor system which builds the design of the external combustion engine by this invention or such an engine into below are enumerated.

1. External combustion engine which has fluid power machine adopted as means for arbitrary stream functions and reproduction to be possible, and to generate controllable good variant product within engine work space.
2. Heat exchanging system which equips working fluid system side with annular array of longitudinal direction or spiral course and with which fluid is promoted by motion of displacement mechanism/regenerator.
3. Above-mentioned longitudinal direction course in which isolation core is inserted so that flow may be turned to outer wall.
4. Structure of high warm strength which comprises lamination of Monel metal or heat-resistant metal in order to generate heat-conduction pressure vessel which has extended face.
5. Lamination or washer-like fin which chose shape and arrangement of extended face so that intrusion into turbulent flow combustion gas and heat exchange with gas might be made into the maximum and which forms high temperature end exchanger.
6. High conduction inside core which is used within pressure vessel, guarantees ceiling and includes longitudinal direction slot or hole for heat exchange courses by above-mentioned 2.
7. Use a metallic foil by incore [ of a regenerator ] and metal should be periodically divided over the flow direction, and let it pass on a roll, flatten, carry out dimple attachment after that, reduce the thermal conductivity of the medium which winds and contacts the form of scrolling, and raise a turbulent flow.
8. When you use a check valve at each end of a regenerator and you bring the result which is not desirable to both a thermodynamic cycle required for an engine, and pumping power, during the part period of a cycle, let a heat transfer face short-circuit, or bypass it.
9. In order to control pressure derivation axial force inside a thermodynamics pressure vessel, use the central tie rod which consists of material of high warm strength and low thermal conductivity.
10. Restrain a regenerator in a stroke terminal position, and in order to amend the error of the motion by the continuous leakage with a small fluid, use a pilot by-pass and a main doubling spring by a slave regenerator driving cylinder.
11. In order to supply the leakage by the bottom dead point by the side of the water pressure fluid of an isolation divider plate, use a supplement port by the master cylinder of a regenerator driver system.
12. In order to guarantee the synchronization with a cylinder enabling event and a thermodynamic cycle phase,

carry out the fixed cooperation of the motion of a regenerator by fixed gearing at the crankshaft of a pump/motor.

13. Don't be concerned with change of a heat flow and a power output, but use an autonomous temperature control system to maintain a fixed temperature by the high temperature end of a thermodynamics pressure vessel.

14. Use a look up table, induce the fixed stream function of a fluid power machine, and by that cause, Are almost fixed during a power stroke, and generate the controlled thermodynamic cycle which has the maintained upper part pressure limitation, and suppress the creep of high temperature end material to the minimum, making power conversion into the maximum.

15. In order to control engine power for every cycle, offset a virtual power piston by changing a work-bodies product for the increment of displacement of a single cylinder.

16. Control an engine cycle by each offset valve position by differing for controlling the cylinder enabling record of a fluid power machine, or using the look up table corrected at least.

17. Use a transition look up table and it enables it to move an engine smoothly between different power conditions, This should generate power with a useful transition cycle, and, simultaneously with it, return a virtual power piston to a position suitable at the time of the start of a following cycle.

18. A pressure, and a regenerator / displacement mechanism position feedback are used, Insertion of the amendment section of a look up table can amend a gap of a virtual power-piston position, and a prior program event can be replaced in the event created by a control device as a result of error feedback.

19. By the refreshable power transmission from isolation service of a fluid power machine to a gas accumulator, use buffering and attain the very high-speed mechanical response to change of an engine power demand.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]

It is a schematic diagram of the main components of the thermomotor system containing the external combustion engine by this invention.

[Drawing 2]

It is a sectional view showing the external combustion engine of drawing 1 in details roughly, however more.

[Drawing 3]

It is a sectional view of the high temperature end of an organization shown in drawing 2.

[Drawing 4]

It is an expansion outline sectional view of the center section of the low temperature end of an organization shown in drawing 2.

[Drawing 5 a]

They are some outline sectional views of the upper part of the high temperature end of the engine of drawing 2 in which the working fluid flow in the upper part of the regenerator of an engine in case a regenerator moves to down from a topmost part position is shown.

[Drawing 5 b]

They are some outline sectional views of the upper part of the high temperature end of the engine of drawing 2 in which the working fluid flow in the upper part of the regenerator of an engine in case a regenerator moves is shown upward towards a topmost part position.

[Drawing 6 a]

They are some outline sectional views of the engine of drawing 2 in which the working fluid flow in the pars basilaris ossis occipitalis of the regenerator of an engine in case a regenerator moves is shown upward towards a topmost part position.

[Drawing 6 b]

They are some outline sectional views of the engine of drawing 2 in which the working fluid flow in the pars basilaris ossis occipitalis of the regenerator of an engine in case a regenerator moves to down from a topmost part position is shown.

[Drawing 7]

It is an outline sectional view of the high temperature end of the engine in which the fluid passage [ a regenerator moves towards a low temperature end ] of a between is shown.

[Drawing 8]

It is an outline perspective view of the high temperature end of another embodiment of the external combustion engine by this invention.

[Drawing 9]

It is an outline plan of the high temperature end of another embodiment of the external combustion engine by this invention.

[Drawing 10]

It is a schematic diagram of the digital displacement pump / motor about the thermomotor system shown in drawing 1, and a regenerator drive.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

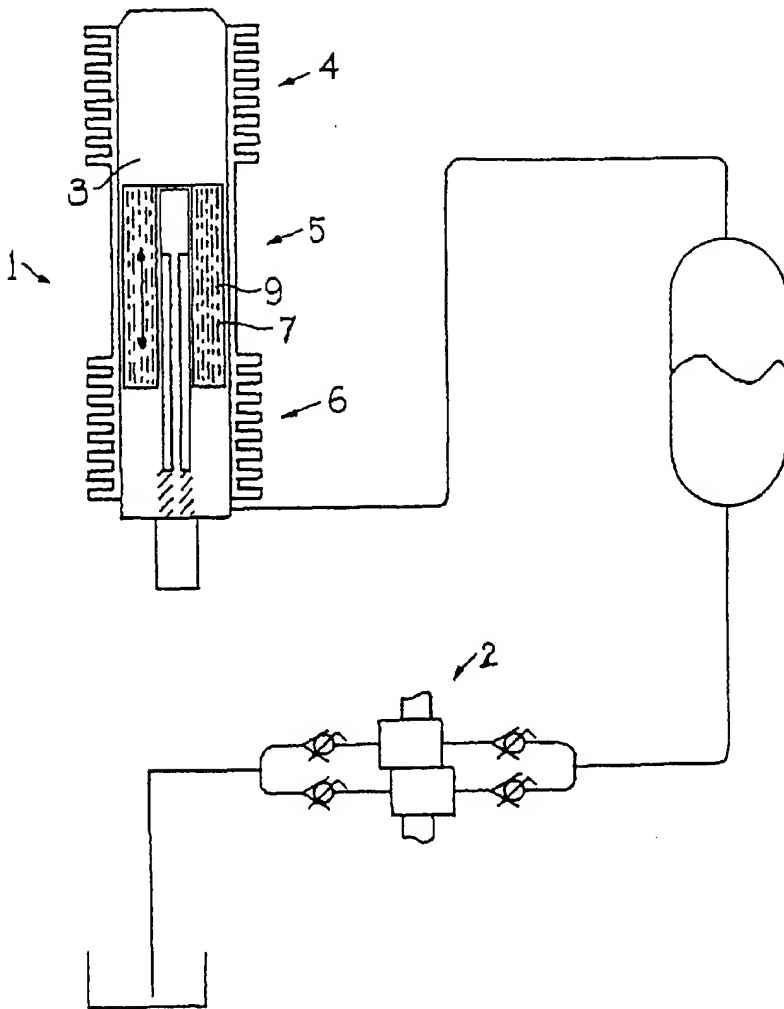
JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

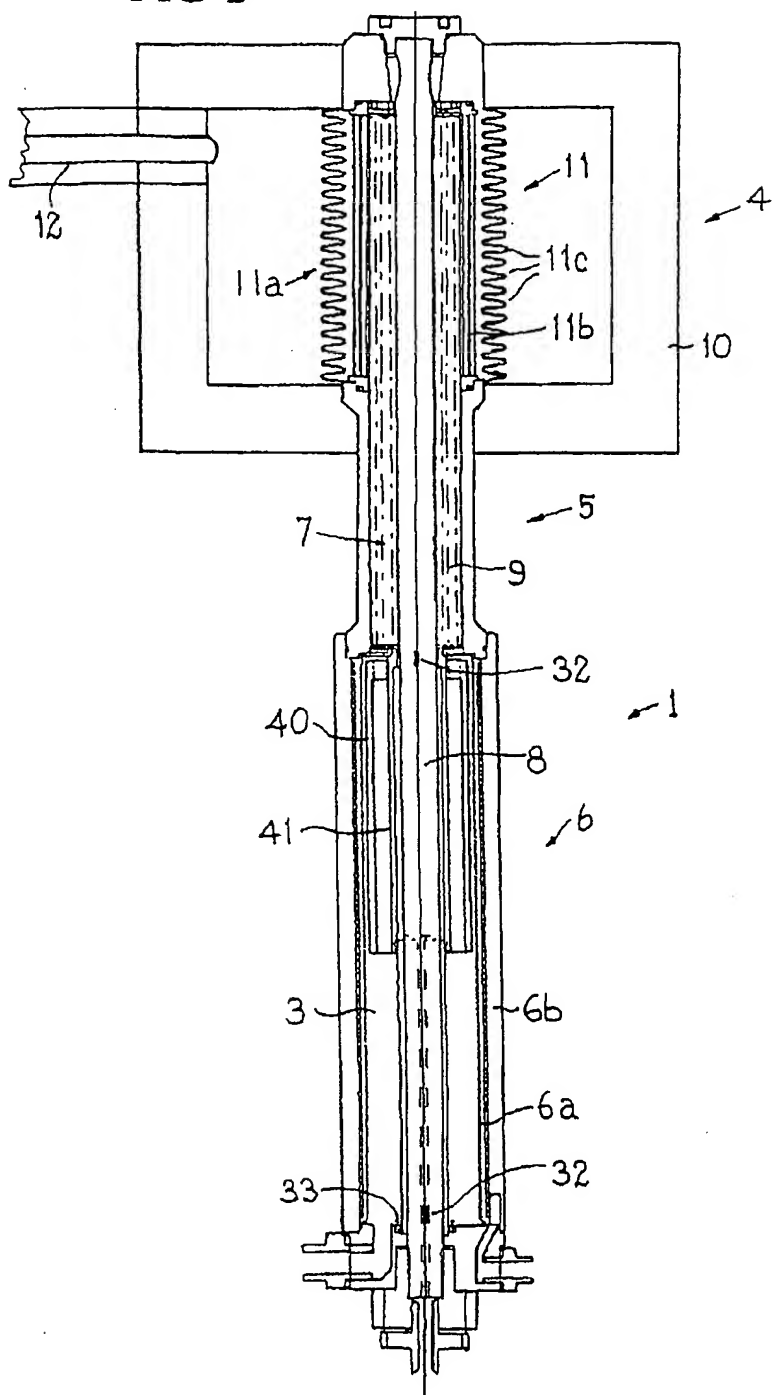
[Drawing 1]

FIG 1

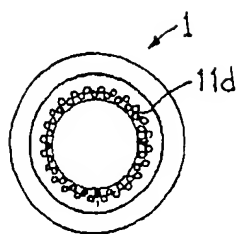


[Drawing 2]

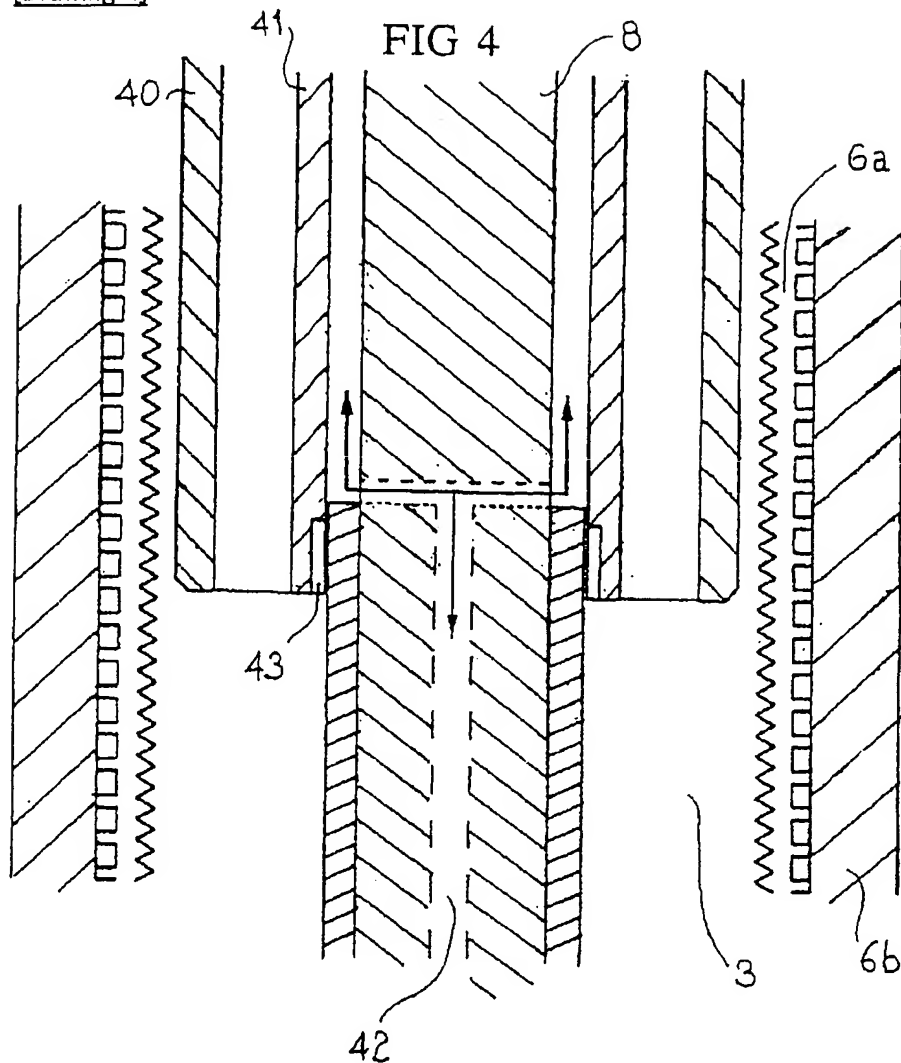
FIG 2



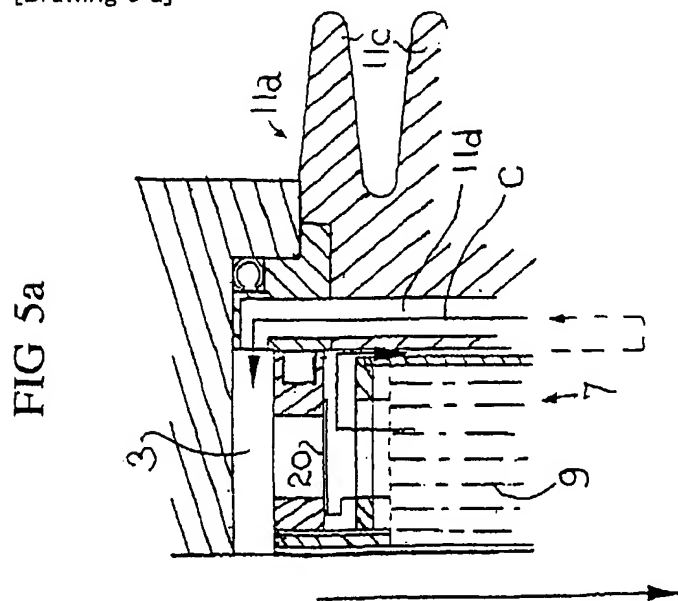
[Drawing 3]  
FIG 3



[Drawing 4]

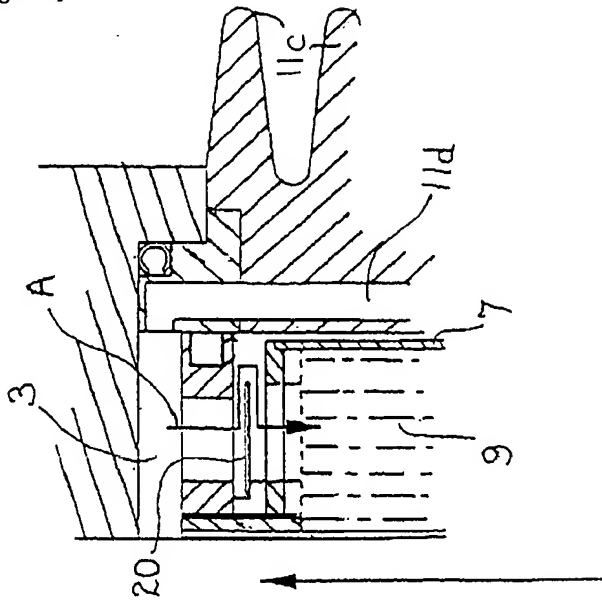


[Drawing 5 a]



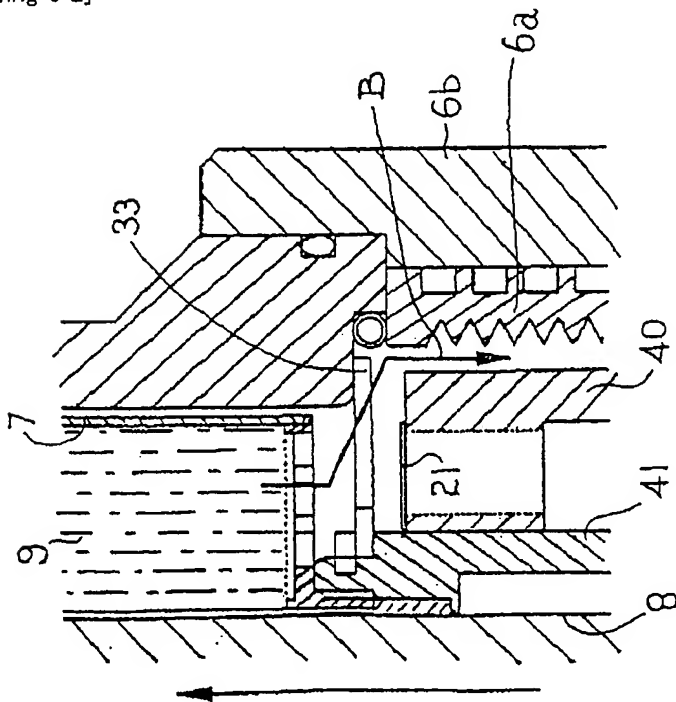
[Drawing 5 b]

FIG 5b



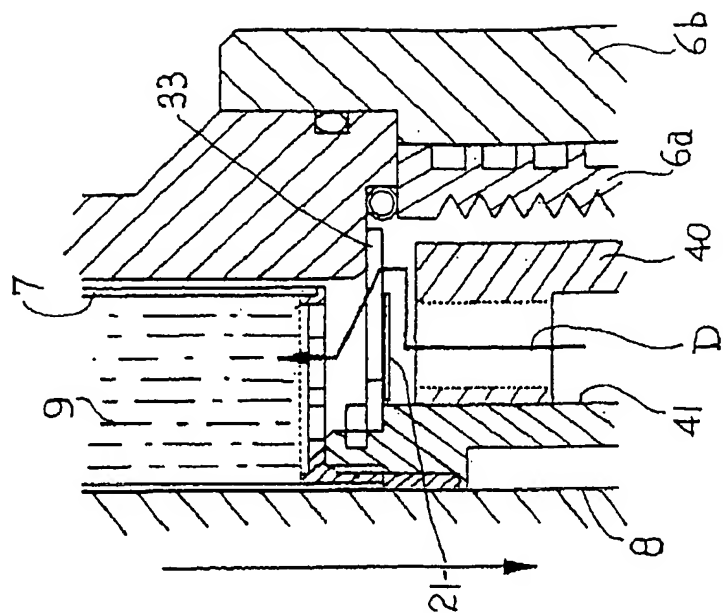
[Drawing 6 a]

FIG 6a



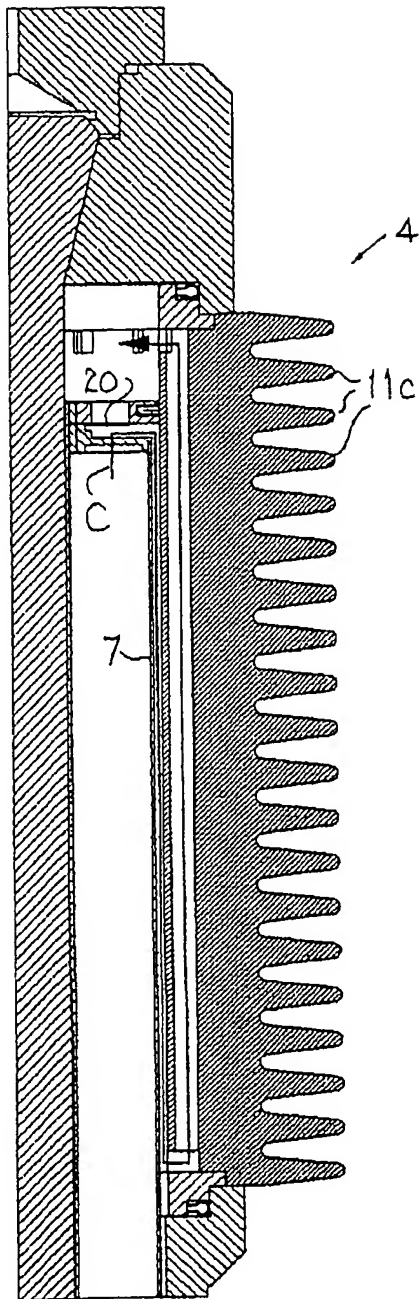
[Drawing 6 b]

FIG 6b



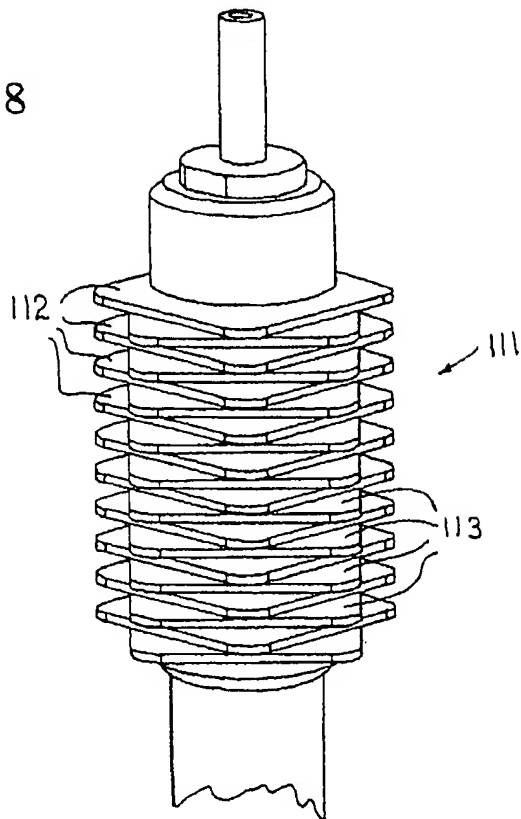
[Drawing 7]

FIG 7

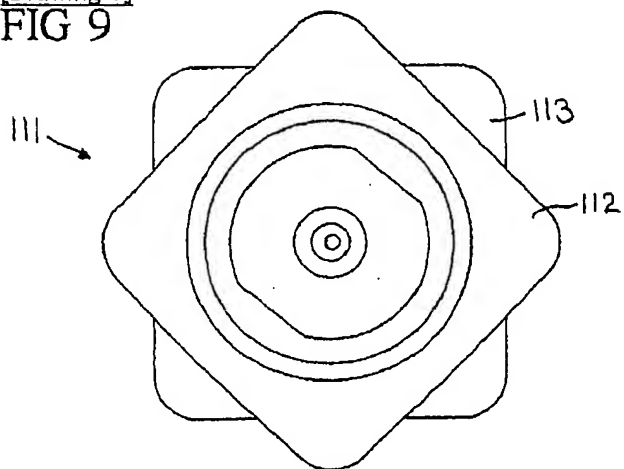


[Drawing 8]

FIG 8

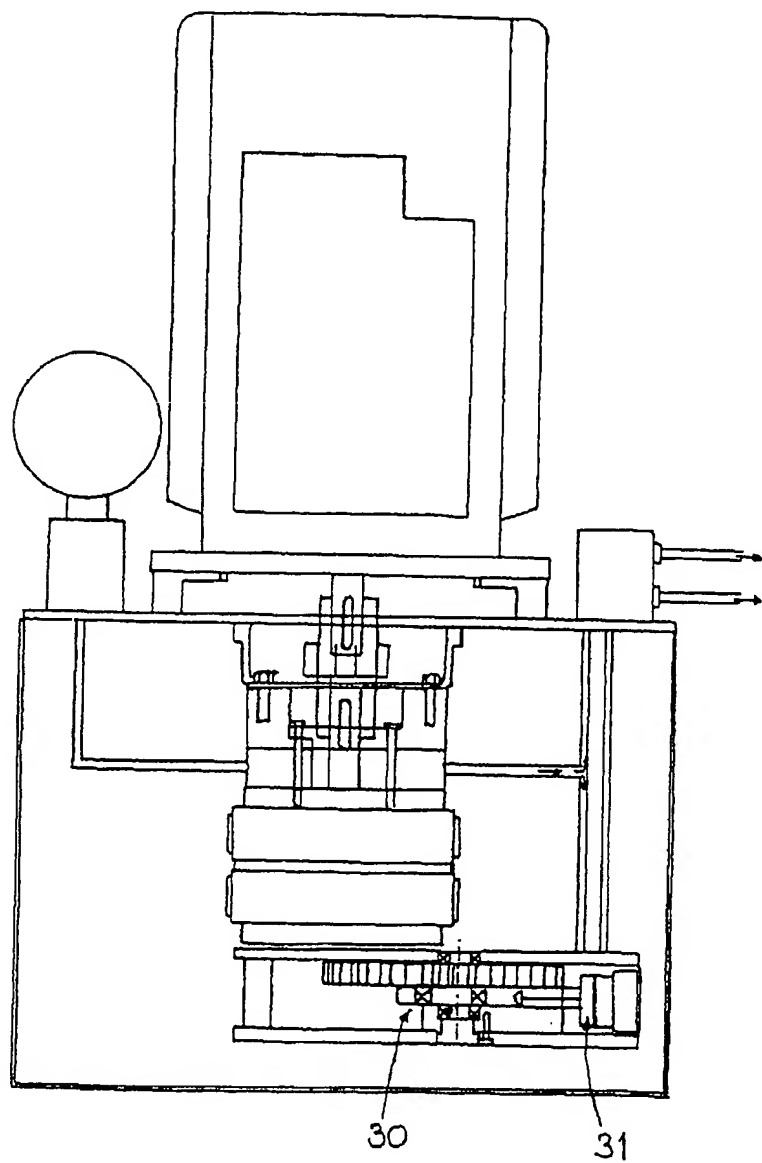


[Drawing 9]  
FIG 9



[Drawing 10]

FIG 10



[Translation done.]